

VI Seminario Nacional de **Energía** y su Uso **Eficiente**

Anales

26 al 28 de Octubre de 2016 -



Institución Organizadora

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Bahía Blanca.

Comité Organizador

Ing. Eduardo Guillermo
Ing. José Luis Maccarone
Ing. María Mercedes Marinsalta

Comité Evaluador

Ing. Jorge Fernández
Ing. Norberto Odobez
Ing. Luis Hernández
Ing. José Luis Maccarone

Colaboradores

Federico Costabel - UTN FRBB
Sebastián Gañán - UTN FRBB
Guillermina Llancafil - UTN FRBB

Cynthia Talamonti - UTN FRBB
Natalín Castillo - UTN FRBB
Claudia Parrotta - UTN FRBB

Compiladores de la publicación: Luis Hernández, José Luis Maccarone, Eduardo Guillermo.

VI Seminario Nacional de Energía y su Uso Eficiente : 26 al 28 de Octubre de 2016, ANALES-Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Bahía Blanca / Luis Hernandez ... [et al.] ; compilado por Luis Hernandez ; Jose Luis Maccarone ; Eduardo Guillermo ; coordinación general de Jorge Fernandez ... [et al.]. - 1a ed . - Ciudad Autsnoma de Buenos Aires : edUTecNe, 2016.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: online
ISBN 978-987-1896-60-8

1. Energía. 2. Diseño Sustentable. I. Hernandez, Luis II. Hernandez, Luis , comp. III. Maccarone, Jose Luis, comp. IV. Guillermo, Eduardo, comp. V. Fernandez, Jorge, coord. CDD 333.79



SEMINARIO NACIONAL
ENERGÍA Y SU USO EFICIENTE

Anales del Seminario

Determinación de los indicadores de desempeño energético más apropiados para establecer líneas de base energética según ISO 50001	4
<i>Hernández Luis H, Juárez Pedro, Borhi Juan C., Loghercio José, Balderrama Cristian.</i>	
Aplicación de herramientas de simulación a un salón educativo del NEA para mejorar su eficiencia energética	12
<i>Zurlo Hugo, Lezcano Lidia, Branco Juan, Sandoval Marcela, Figueredo Gustavo.</i>	
Análisis preliminar del impacto de la cadena de valor del Cluster Eólico Argentino en la matriz energética . El caso de la provincia de Santa Fe.....	22
<i>Anzoide Esteban, Bertinat Pablo, Cogno Victor, Curadelli Silvia, Scaraffia Cristina.</i>	
Procedimientos de evaluación y calificación energética en organizaciones	34
<i>D`Agnona Pablo, López Jorge, D`Andrea María Cecilia, Casterás Leonardo, Candia Daniel, Orsini Medina Facundo, Daneri Damián, Bregante Gabriel, Tiberi Darío, Zilber Gustavo, Quevedo Marcelo, Cohendoz Lisandro.</i>	
Metodología para un proyecto sostenible de energía comunitaria en la comunidad indígena AICO, Colombia	42
<i>Rondón Natalia, Bedoya Juan, Quitora Isaías, Buriticá Clara.</i>	
Grupo de investigación y desarrollo de tratamiento de señales en sistemas eléctricos (TSSE). Principales actividades.....	52
<i>Pascual Héctor, Maccarone José L., Albanese Ariel, Fata Omar, Bellomo Luis.</i>	
Herramienta para el seguimiento y control de la situación energética de un Parque Industrial con vistas a implementar y/o certificar la norma ISO 50001 de Gestión y Eficiencia Energética	61
<i>Maccarone José L, Gil Marcelo, Nahuel Leopoldo, Pascual Osvaldo.</i>	
Eficiencia energética en el sector industrial de Trenque Lauquen	70
<i>Dido Claudia, Calvo Lucila, Mieres Franco.</i>	
Evaluación de interconexión a la red eléctrica de aerogenerador de baja potencia	77
<i>Bufanio Ruben, Monte Gustavo, Castro Pablo, Gonzalez M. Belen, Melillan Pablo.</i>	
Erosión en los álabes por condición del vapor en las turbinas de vapor	90
<i>Petras Juan C., Viale Rodrigo, Voukelatos Jorge.</i>	
Estudio de indicadores energéticos en hoteles para determinar la línea de base en la aplicación de la Norma ISO 50001	102
<i>Odobez Norberto, Parente Jorge, Soldatti M. Elena, Godoy Carlos.</i>	
Informática aplicada al gerenciamento de consumos y ahorros de energía eléctrica en MiPymes: ENMA TOOL	112
<i>Nahuel Leopoldo, Maccarone José L, Marchesini Javier, Andrés Gastón, García Rodrigo María, Ciceri Javier, Rende Augusto, Muzzi Gonzalo.</i>	
Eficiencia energética mediante aplicación de balance energético y exergético en centrales termoeléctricas	120
<i>Fernández Jorge F., López Graciela R., García Enrique A., Fernández Diz Javier, Farina Matías, Convertini Andrés.</i>	
Corrección del factor de potencia y filtrado de armónicos	127
<i>Retrive Raúl, Domínguez Sebastián, Sawicki Natasha.</i>	



UTN  bhi



VI Seminario Nacional de Energía y su Uso Eficiente
Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional
Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado. Universidad Tecnológica Nacional

Área temática: Resultados de los grupos de investigación del Programa de Energía de la UTN.

REDTECNEE

DETERMINACIÓN DE LOS INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO MÁS APROPIADOS PARA ESTABLECER LÍNEAS DE BASE ENERGÉTICA SEGÚN ISO 50001.

Hernández, Luis H.¹; Juárez Pedro R.²; Borhi, Juan C.³; Loguercio José ⁴; Balderrama, Cristian S.⁵
¹ Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Gral. Pacheco, Grupo de Estudio sobre Energía.

Av. Hipólito Yrigoyen 288. General Pacheco. Buenos Aires. Argentina.
gese@frgp.utn.edu.ar

RESUMEN

Este proyecto está centrado en analizar los usos y consumos de energía que realizan las PyMEs, de manera de obtener patrones comunes que permitan el desarrollo de una herramienta software de gestión, en conjunto con las demás regionales participantes de la UTN dentro del Proyecto Integrador “Red Tecnológica Nacional sobre Eficiencia Energética” (RedTecNEE), de los energéticos empleados y consumidos con indicadores o índices que permitan la aplicación para definir las líneas de base energéticas más representativas, en caso de ser necesario, del o los posibles mecanismos de mejora o mitigación. El proyecto aborda como base la norma IRAM - ISO 50001:2011 y sus guías de referencia para la gestión de la energía. Por tal motivo la eficiencia energética (EE) es la respuesta adecuada para optimizar el uso de energía sin sacrificar niveles de desarrollo, ni reducir estándares de calidad de vida, como consecuencia de una mayor productividad de cada unidad de energía consumida. Esto implica cambios culturales, tecnológicos, institucionales y de mercado, ya que esta considera la introducción de nuevas tecnologías y cambios en las políticas, en la cultura y el modo de vida. Además, Argentina con alguna dependencia energética y bajo el contexto de la economía actual, está obligada a importar, esto implica cada vez más necesario que las empresas dispongan de herramientas que permitan controlar de manera eficiente el uso de la energía, consiguiendo ahorros energéticos y económicos muy importantes, a la vez que minimiza el impacto ambiental de las organizaciones en el medio ambiente, pudiendo mejorar su competitividad. En el contexto actual de los sistemas de gestión de la energía, los resultados se pueden medir respecto a la política, objetivos y metas energéticas y a otros requisitos de desempeño energético, tal como lo impone la norma ISO 50001.

Palabras claves: Gestión energética, Eficiencia, Indicadores, desempeño energético.

1.- INTRODUCCION

La Norma IRAM-ISO 50001:2011 facilita a las organizaciones, una herramienta para la reducción de los consumos energéticos, sus costos asociados y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Se sabe que cuando una instalación industrial trabaja cercana a su máxima capacidad, se obtiene el mayor rendimiento de los equipos, procesos, y máquinas y, por ende, un mejor desempeño energético. Por el contrario, bajos niveles de producción, implican bajos desempeños energéticos. A través de la determinación de indicadores de desempeño energético, partiendo de datos anuales como la producción y el consumo de energía, en aquellas empresas cuya producción es variable, se podrá predecir el potencial de ahorro, mediante un indicador energético característico, por ejemplo, entre otros, el consumo de energía específico, de una planta determinada partiendo de un análisis preliminar, con datos estadísticos de producción y consumos de energía, de cada industria, o sea $CEE = \text{CONSUMO DE ENERGIA} / \text{PRODUCCIÓN}$. Esto permitirá establecer la factible existencia de ineficiencias o derroches en el uso de la energía, eléctrica y térmica, si se lo compara con la línea de base energética a determinar, donde el indicador de desempeño energético es función de la producción, y será comparado con la curva de comportamiento mínimo esperado o de mayor eficiencia, o línea de base energética, de manera tal, que el área entre ambas curvas representa la energía que se ha consumido en exceso.

1.2.- ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO DEL TEMA

Ante la más o menos dependencia energética y la necesidad del crecimiento económico para lograr mayores niveles de desarrollo en la industria en armonía con la naturaleza y, teniendo en cuenta que la eficiencia energética contribuye a la protección del medio ambiente y, también al desarrollo sustentable, es de fundamental importancia establecer los indicadores de desempeño energético más apropiados y sus respectivas líneas de base energética según ISO 50001 y, así poder determinar el potencial de ahorro de energía en la industria.

Esto nos permite establecer como hipótesis lo siguiente:

- Existe derroche de energía en las industrias y se estima que hay un potencial de ahorro que oscila entre el 15 y el 30 %.
- Las PyMEs no tienen asesoramiento acerca de los sistemas de gestión de la energía y tampoco en eficiencia energética y consumen energía en exceso con notable impacto sobre el ambiente.

La actividad industrial dentro de las actividades antrópicas; es uno de los máximos contribuyentes a la generación de dióxido de carbono (CO₂) tanto en forma directa por consumo de combustibles, como en forma indirecta al consumir energía eléctrica generada con la quema de combustibles fósiles y, como es sabido, la sobreabundancia de CO₂ en la atmósfera de nuestro planeta, es el principal causante del cambio climático.

1.3.- GRADO DE AVANCE

Relacionado con la gestión del consumo de energía, se tomará como base lo desarrollado por el grupo de estudios Sobre Energía de esta Regional de su proyecto: DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE DISMINUCION DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO A PARTIR DEL ANÁLISIS CORRELACIONAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN INDUSTRIAS RECUPERADAS DE LA ZONA SUR DEL GRAN BUENOS AIRES, el proyecto formó parte del Programa de fortalecimiento del sector de Empresas Recuperadas en Argentina como factor de desarrollo local de la zona sur del Gran Buenos Aires. (Ref. ONG – PVD / 2004 / 095 – 180 – 412). Proyecto financiado por la Unión Europea.

1.4.- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Proveer a las PyMEs de una herramienta sencilla a través de indicadores de desempeño energético, partiendo de datos anuales como la producción y el consumo de energía, que contemple los requisitos para poder establecer el punta pié inicial a un sistema de gestión, y así poder documentar, implementar, mantener y mejorar un Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) de acuerdo con los requisitos de la Norma ISO 50001, y fomentar el ahorro y la eficiencia energética en sus establecimientos, o sea:

- Cooperar con las PyMEs a aprovechar sus actuales activos de consumo de energía.
- Disminuir los consumos de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Contribuir con el cumplimiento de la legislación energética.
- Mejorar la gestión en su demanda.
- Promover las mejores prácticas de gestión de la energía.
- Promover la eficiencia energética en toda la cadena de suministro.
- Concientizar que es factible la integración con otros sistemas de gestión como pueden ser el ambiental, calidad y seguridad.

2.- METODOLOGÍA

El manejo de indicadores energéticos, como por ejemplo, el consumo de energía específico (CEE), permite ponderar el desempeño energético de una organización siendo una de las principales herramientas para administrar la energía (eléctrica y térmica). Si bien, conocer el valor promedio de este indicador y su variación de un período a otro, aporta información importante para administrar el consumo de energía, por sí solo no es suficiente para establecer qué potenciales de eficiencia es factible obtener en la planta.

Es factible analizar el consumo específico de energía a través de un algoritmo, siendo esta una herramienta básica que permitirá predecir el valor del indicador de desempeño energético como una función de la producción, además de establecer hipótesis acerca de los potenciales de eficiencia que se obtendrían mediante el control adecuado de los parámetros involucrados.

Por lo tanto, será necesario disponer de datos como la producción y los consumos de energía eléctrica y combustibles, para un mismo período y de cada una de las empresas evaluadas en el proyecto.

En forma general se puede establecer que una forma sencilla de saber si los consumos de energía son altos o bajos, es comparar indicadores de desempeño energéticos, por ejemplo, entre empresas del mismo rubro o con procesos similares. Por lo tanto, se establecen indicadores de consumos de energía por alguna unidad referida a la instalación o proceso. Por ejemplo, otros indicadores muy utilizados son el consumo de kWh/m² año; el factor de utilización o de carga: kWh consumidos / P x t mensual, el cual y, de acuerdo con la tarifa horaria, se lo correlaciona con la variación diaria del precio de la electricidad; otro, el precio por unidad de energía: \$/KWh o \$/m³ de gas; cantidad de empleados por energía consumida; etc. Es decir que, a través de indicadores de desempeño energético de una empresa e información de los procesos y sus instalaciones, se puede establecer una propuesta de eficiencia energética y disminuir su impacto en el ambiente, de manera tal que, si empleamos varios indicadores se podría hacer un análisis multivariable.

2.1.- CONTRIBUCIONES AL AVANCE CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO, TRANSFERENCIA AL MEDIO

La ejecución de este proyecto contribuirá a la investigación en el área del Uso Eficiente de la Energía, permitiendo establecer potenciales de ahorro de energía eléctrica, térmica y uso del agua en las industrias. Por ejemplo, ineficiencia en la combustión, malas aislaciones térmicas, derroche de condensado de vapor, aprovechamiento del tanque flash o revaporizado, correcta utilización de las presiones de trabajo con vapor y aire comprimido, pérdidas de vapor y aire comprimido, iluminación ineficiente, factor de potencia, potencia óptima contratadas, aire acondicionado y calefacción. Esto permitirá acceder a importantes beneficios económicos al reducir los consumos y, por ende, contribuir con la disminución en la contaminación ambiental.

Dado que en nuestro país algunos programas y acciones aisladas destinadas a fomentar el uso eficiente de la energía, no han tenido un lugar protagónico en las prioridades para el desarrollo y, de acuerdo con la experiencia acumulada en los últimos 30 años con proyectos realizados por el Grupo de Estudios Sobre Energía (G.E.S.E.) de esta Regional de la UTN, donde se ha

determinado que es posible concretar ahorros, con poca inversión, en los consumos de energía eléctrica y de combustibles, en el orden del 15 %, en cualquier tipo de industria. Nos permite coincidir con otras afirmaciones, que, mientras continúan las investigaciones en otros campos energéticos, el Uso Eficiente de la energía se puede considerar como una nueva fuente energética. Por lo tanto, este proyecto, contribuirá al desarrollo y fomento del Uso Eficiente de la Energía. De esta forma, las empresas PyMEs podrán acceder a importantes beneficios económicos y bajar sus costos, al reducir los consumos de energía. Es decir, bajar costos productivos contribuyendo a la conservación del ambiente, sin perjudicar la calidad de los productos elaborados.

Los resultados serán transferidos a las empresas y los avances y resúmenes del proyecto serán publicados en la página web o nube de la RedTecNEE, lo cual facilitará su transferencia a todos aquellos interesados o necesitados en esta forma de consumir energía y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera .

Las otras vías de transferencia serán la presentación de los resultados en:

- Clases dictadas en cátedras afines al tema en carreras de nuestra universidad, como por ejemplo, "Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial" e "Instalaciones industriales".
- Conferencias en eventos nacionales como por ejemplo el VI Seminario de Energía y su uso eficiente.
- Conferencias en Congresos internacionales, como el Congreso Panamericano de Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Industrial y Ramas Afines (COPIMERA), donde el grupo GESE representó a Argentina en dieciséis oportunidades consecutivas exponiendo temas de interés.
- Transferencias a Industrias para la potencial aplicación de programas de Eficiencia Energética, e indicadores de desempeño energético ISO 50001.

2.2.- CONTRIBUCIONES A LA FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Permitirá la formación de Recursos Humanos de la Universidad, becarios, alumnos, graduados, docentes e investigadores. Establecerá la necesidad de capacitación de los responsables industriales en un área de gran interés por su contribución a la producción con uso eficiente de la Energía, favoreciendo la solución de la problemática energética, a través del desarrollo de la eficiencia energética en cualquier instalación industrial. También permitirá la realización de futuras tesis doctorales en ingeniería y maestrías a docentes y graduados de la UTN en el área energética y ambiental.

2.3.- CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

1º Año

- 1) Conformación del grupo de trabajo
- 2) Análisis bibliográfico internacional y nacional. General y particular
- 3) Reunión de coordinación y asignación de tareas
- 4) Seminarios y cursos de Capacitación en ISO 50001
- 5) Formación de recursos humanos en temas específicos
- 6) Vinculación con industrias PyMEs.
- 7) Diseño de planillas para sistematización de la información
- 8) Redacción y presentación informe de avance

3.- CONCLUSIONES

Contexto político:

En el anterior gobierno en sus tres períodos, instó a las empresas a racionalizar el consumo de energía y a desarrollar fuentes alternativas, como una manera de hacer frente a la crisis energética que afecta al mundo y que se expresa en un aumento ininterrumpido de precios y, el 01/08/2006 puso en funcionamiento el Consejo de Seguridad Eléctrica, cuyo objetivo principal es velar por la seguridad de los consumidores y prevenir los riesgos de accidentes, "el Consejo debe ordenar y blanquear, hacia atrás en la cadena, a todos los componentes del circuito comercial, integrado por fabricantes locales e importadores, y hacer cumplir la obligatoriedad de la certificación de los productos".

"Es preocupación de cualquier gobierno del mundo racionalizar el uso de la energía porque, si bien es un bien disponible, los precios alcanzados nos muestran un cierto factor de escasez, con lo cual no solamente es necesario diversificar la matriz de abastecimiento, sino también racionalizar el uso de la energía", (Felisa Miceli, ministra de Economía, 01/08/2006).

El actual Gobierno Nacional, a través de su ministro de Energía, Juan José Aranguren, afirmó que para el Gobierno el ahorro y la eficiencia energética son "otra fuente de energía y como tal debe ocupar un lugar en la matriz de largo plazo en el país" y, encabezó la presentación del Proyecto "Desarrollo Sostenible y Eficiencia Energética en Argentina" financiado por la Unión Europea.

"Debemos tomar conciencia de que la energía es un bien escaso y no pensar que el ahorro y la eficiencia es un problema vinculado a una recomposición o readecuación tarifaria o porque queremos hacer frente a la agenda climática", dijo Aranguren al referirse al proyecto que permitió desarrollar una serie de recomendaciones para su implementación a corto plazo en el país.

Para el funcionario, la Argentina tiene que "aprender de los que han transitado el camino antes" en referencia al marco regulatorio de la Unión Europea que tiene más de 20 años de experiencia en materia de ahorro y eficiencia energética y que sirvió de referencia para el proyecto presentado por los responsables del mismo, Gerardo Rabinovich y Daniel Schanz, en la facultad de Derecho de la UBA. En el informe también participó la subsecretaria de Ahorro y Eficiencia Energética, Andrea Heins, quien tiene la ambición de proponer objetivos a alcanzar en un plazo mucho menor a los 20 años que viene requiriendo en la Unión Europea. En este sentido, las recomendaciones del proyecto se presentaron como un paso esencial para la elaboración de un Plan Nacional de Eficiencia Energética, y avanzar en los aspectos vinculados a la formación y educación, las normas y regulaciones necesarias para el sector. En ese contexto, los expositores coincidieron en destacar del informe que "el desarrollo de las normas, guías y protocolos junto a un nuevo marco tarifario puede hacer de la Argentina un mercado viable y atractivo para las empresas de servicios energéticos, solo si la normativa permite realizar contratos de larga duración y que los pagos se realicen con los ahorros obtenidos gracias a las medidas ejecutadas o llevadas adelante".

Las recomendaciones principales del trabajo -en lo que respecta al corto plazo- son la creación de una Agencia Nacional de Eficiencia Energética que pueda concentrar la difusión y formación, asesoramiento técnico, desarrollo de programas, desarrollo de tecnologías y de proyectos de innovación tecnológica, y coordinar la cooperación con terceros países y agencias.

También se propone la creación de células de eficiencia energética en todas las áreas de administración pública nacional para facilitar la obtención de información sobre datos de consumo, fomentar el etiquetado, la certificación energética y la verificación de los ahorros.

Además, se plantea la necesidad de nombrar un responsable de enlace de la subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética con la delegación de la Unión Europea en la Argentina y otras organizaciones para detectar fuentes de ayuda, y la creación de mesas sectoriales de trabajo para elaboración de material y recomendaciones y la generación de normas y protocolos de eficiencia energética.

Por otro lado, según el balance energético nacional utilizado para el desarrollo del proyecto del gobierno actual, los edificios residenciales consumen el 26 % de la energía total, los edificios comerciales y los públicos, consume el 8 % y los establecimientos industriales el 25 %.

La referencia del trabajo es la creación de marco regulatorio propicio y obligatorio para el ahorro de energía que lleva 20 años de desarrollo en la Unión Europea, y que en 2007 determinó un

conjunto de metas para llevar adelante el desarrollo del denominado Paquete Verde 2020.

Esas metas de ahorro energético incluyen emitir un 20 % menos de CO2 con respecto de 1990, aumentar la participación de energías renovables en la producción eléctrica hasta un 20 por ciento del total de consumo y ahorrar un 20 por ciento de energía mediante medidas de eficiencia.

Contexto económico:

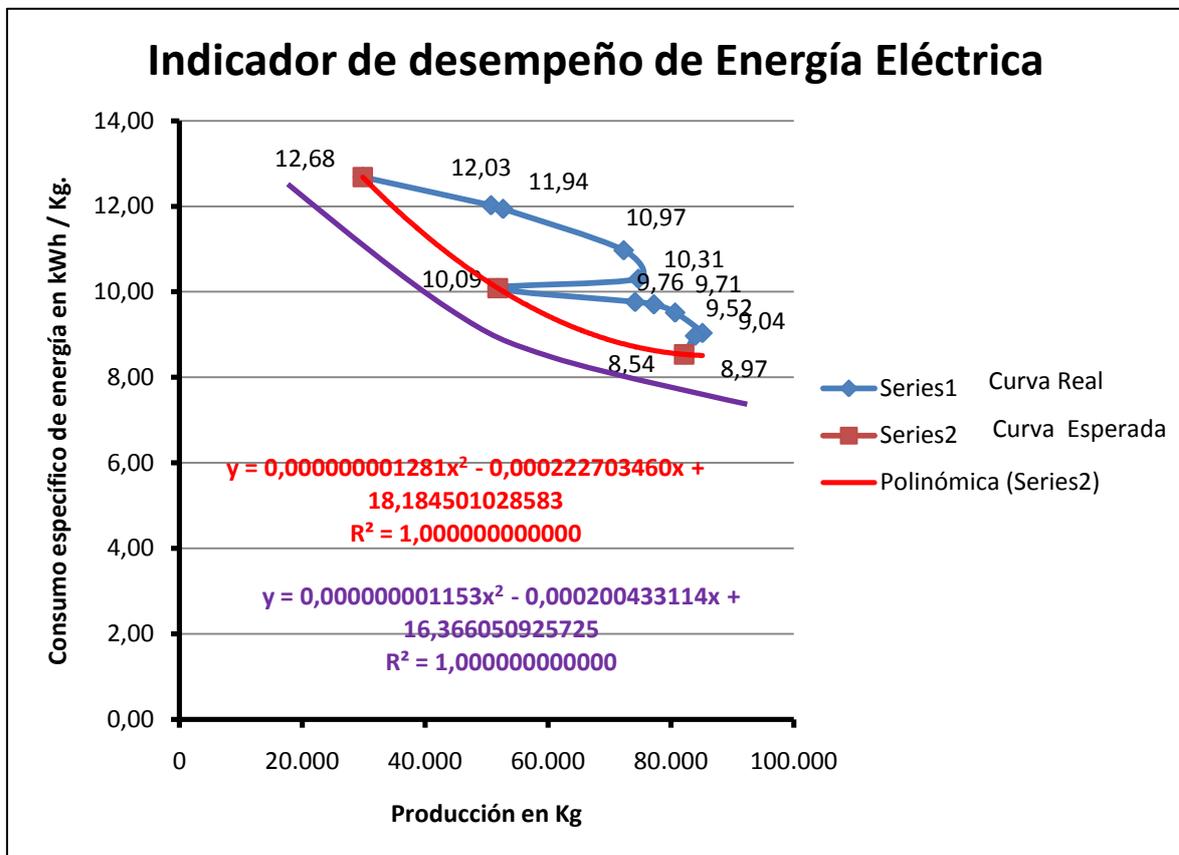
Actualmente en el mundo, la pequeña y mediana empresa (PyME) ha sido reconocida, como motor importante de las economías mundiales, contribuyendo significativamente a la reducción del desempleo y por ende al mejoramiento del orden social. Por ello resulta imprescindible suministrarle a las PyME's el apoyo científico y tecnológico que les permita asimilar las nuevas tecnologías que les posibiliten alcanzar su eficiencia energética, mediante programas de cooperación y redes de profesionales en la especialidad.

Además la actual situación económica y financiera por la que atraviesan las industrias de la región y, en particular nuestro país, debido principalmente al aumento de las tarifas de los servicios donde, entre otras impactan en el normal desarrollo de las PyMEs. El presente proyecto se había pensado bajo otro contexto.

Conclusiones principales.

De acuerdo con el contexto político y económico descrito precedentemente y, en esta etapa inicial del presente proyecto, no caben dudas de contribuir con la eficiencia energética. Por tal motivo, en el siguiente gráfico, extraído de uno de los informes actuales de diagnóstico energético realizado a una de las industrias de la zona de influencia de nuestra Regional, se pueden observar claramente a través del uso de indicadores energéticos y, a partir de datos estadísticos de la producción y los consumos respectivos de energía, como se pueden diferenciar el Uso Racional de la Energía (URE) y la aplicación de la Eficiencia Energética (EE) en una industria, en este caso:

CEE = CONSUMO DE ENERGIA / PRODUCCIÓN



La curva azul, es la curva real de la planta, donde se observa que el punto casi mayor producción con menor consumo de energía es el de CEE=8,54 kWh/Kg. con una producción algo mayor a 80.000 Kg. En este mismo orden de producción pero con mayor consumo de energía se encuentra

los puntos de CEE con valores de 8,97; 9,04; 9,52 y 9,71 kWh/Kg. O sea, misma producción mayor consumo de energía. La misma apreciación pero más acentuada la diferencia para los puntos de CEE = 10,9; 11,94 y 12,03 con una misma producción del orden de los 55.000 Kg. Es decir. Misma producción para diferentes consumos energéticos en alza.

De este gráfico también se puede observar que el punto de más baja performance es el CEE = 12,68 kWh/Kg, o sea la más baja producción (30.000 Kg) con el mayor consumo de energía.

De esto se concluye que, el área representativa entre las curvas azul y roja, donde esta última es la curva esperada o de mejor performance, es el ahorro potencial de energía, que de acuerdo con nuestra experiencia se logra aplicando Uso Racional de la Energía y generalmente es con nada o muy poca inversión y, de llegar a realizar una inversión, esta se recupera en menos de un año.

Ahora bien, la curva violeta, es la curva que representa la línea base y para llegar a la misma si o si requiere inversión y es lo que se llama eficiencia energética (EE).

Ambas curvas están representadas por las ecuaciones descritas en el gráfico que se obtienen aplicando ajustes por mínimos cuadrados en un Excel.

Lo precedente es la principal conclusión hasta el momento.

Otras conclusiones:

- Con la situación económica y energética actual con el aumento y la tendencia a aumentar el costo de la energía, las PyMes están obligadas además de aplicar el URE, a hacer eficiencia energética, pero paradójicamente deberán hacer inversiones, por lo que algunas acciones del Gobierno deberán atenuar esta acción para que las PyMEs mantengan y aumente su producción. Nuestro proyecto apunta a darles una herramienta para que puedan aplicar un sistema de gestión de la energía y, los resultados se pueden medir respecto a la política, objetivos y metas energéticas y a otros requisitos de desempeño energético, tal como lo impone la norma ISO 50001.
- Este método o tipo de indicador es viable para PyMEs o empresas productivas de procesos continuos, no es aplicable para empresas de servicios.
- También es aplicable para PyMEs con poca diversidad de productos.
- En caso de gran variedad de productos es aconsejable utilizar:

$$CCE = \text{Unidad energética} / \text{unidad de producto}$$

4.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Fundación MAPFRE. (2011). "Guía práctica para la implantación de sistemas de gestión energética". Madrid. Número de la edición 1. Asociación de Empresarios de Henares. Madrid.
- [2] Castrillon, Rosaura del Pilar; González, Adriana Janeth; Quispe, Enrique Ciro. (2013). "Mejoramiento de la eficiencia energética en la Industria del cemento por proceso húmedo a través de la implementación del sistema de gestión integral de la energía". Revista Dyna. *Número de fascículo 177, páginas 115-123*. Medellín.
- [3] Hernández Pineda, Abel; Carmona Vázquez, Gerardo Ezequiel; Flores Díaz, Lázaro; Sosa Granados, Roberto Daniel. (2014). "Manual para la implementación de un sistema de gestión de la energía". México D. F. Editores CONUEE / GIZ. México D. F.
- [4] Norma ISO 50001:2011 "Sistemas de gestión de la energía – Requisitos con orientación para su Uso". Secretaría Central de ISO en Ginebra, Suiza.
- [5] Norma ISO 50006:2014 "Energy management systems -- Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) -- General principles and guidance". Secretaría Central de ISO en Ginebra, Suiza.
- [6] Rosas Moya, Ramón. (2002). "Detección de potenciales de ahorro mediante el análisis estadístico del comportamiento de los índices energéticos". Revista Energía Racional. FIDE. *Número de fascículo 42, páginas 17-20*. México. D. F.

- [7] Hernández, Luis Humberto; Juárez, Pedro Rodolfo; Loguercio, José; Borhi, Juan Carlos; Balderrama, Cristian. (2010). "Determinación del potencial de disminución de emisiones de gases de efecto invernadero a partir del análisis correlacional del consumo de energía en industrias recuperadas de la zona sur del Gran Buenos Aires". Gral. Pacheco. Secretaría de Ciencia y Tecnología / Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Gral. Pacheco. Buenos Aires.



UTN  bhi



VI Seminario Nacional de Energía y su Uso Eficiente

Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional
Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado. Universidad Tecnológica Nacional

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN A UN SALÓN EDUCATIVO DEL NEA PARA MEJORAR SU EFICIENCIA ENERGÉTICA

Zurlo, Hugo¹; Lezcano, Lidia Verónica¹; Juan, Branco¹; Sandoval, Marcela¹ y Figueredo, Gustavo¹

¹Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Resistencia, Grupo de Investigación en Tecnologías Energéticas Apropriadas (GITEA).

French 414 – 3500 Resistencia.

hzurlo@gmail.com

RESUMEN

Lograr que el ambiente interior de edificios antiguos del NEA alcance las condiciones de temperatura y humedad que demanda la sociedad actual, y que permiten desarrollar actividades con elevada productividad, frecuentemente implica un elevado consumo de energía eléctrica. Se presenta la simulación computacional mediante el software *Energy Plus* del comportamiento térmico de un aula del edificio de la Facultad Regional Resistencia de la Universidad Tecnológica Nacional. Se validan los resultados de la simulación con datos experimentales de temperatura y humedad interior para idénticas condiciones exteriores de radiación solar, temperatura y humedad. Se obtiene la carga térmica instantánea y la disminución potencial de consumo de energía eléctrica destinada a la climatización para diferentes casos de rehabilitación térmica del salón. Se verifica la exactitud del software confrontando los resultados de la simulación con los datos internos medidos en el aula. Se demuestra también la capacidad del software como herramienta para mejorar la eficiencia energética de edificios.

Palabras clave: Eficiencia Energética, Energy Plus, Simulación Higrotérmica

INTRODUCCIÓN

Los edificios educativos del Nordeste Argentino (NEA) presentan características propias como ser alta densidad de ocupación, bajo presupuesto destinado a mantenimiento y funcionamiento, clima extremo durante el prolongado período estival típico de la región, alto interés social, etc. que representan exigencias particulares en cuanto al confort térmico [1]; a esto se le agrega que entre los criterios de diseño, normalmente no estuvo presente el aspecto energético. Antes bien la tipología de estos edificios ha seguido modelos uniformes que se han multiplicado a lo largo y ancho del país sin compadecerse adecuadamente de las diversas condiciones climáticas imperantes. Sus características constructivas han ido evolucionando en busca de una mayor utilización de los espacios con menores costos de construcción, pasando de aulas amplias con cubiertas elevadas y muros masivos, aberturas artesanales de madera y galerías generosas [2] a edificios con aulas compactas de baja altura, cubiertas y envolventes livianas, aberturas metálicas semiindustrializadas, donde se prioriza la economía de materiales con resultados adversos respecto de las condiciones de confort.

La región NEA se inserta completamente dentro de la Clasificación Bio Ambiental caracterizada por la Norma IRAM 11603 como Zona I: Muy Cálida [3], con temperaturas máximas superiores a 34°C y valores medios superiores a 26°C; con humedad relativa alta y períodos invernales poco significativos. Teniendo en cuenta el Diagrama Bioclimático de Givoni [4], para alcanzar las condiciones de confort es inevitable recurrir al acondicionamiento (ventilación, deshumidificación y refrigeración) mecánico del aire. De hecho, en las últimas décadas se observa la incorporación de equipos de acondicionamiento termomecánico del aire en la mayoría de los establecimientos educativos de la región incrementando significativamente el consumo eléctrico de las instituciones.

Solo en la Provincia del Chaco se contabilizan más de dos mil establecimientos educativos (excluidos los de Educación Rural) distribuidos como se indica en el siguiente cuadro [5]:

CHACO - Unidades Educativas por Modalidad y Nivel	
Modalidad - Nivel	Unid. Educ.
Ed. Común N. Inicial	552
Ed. Común N. Primario	957
Ed. Común N. Secundario	297
Educación Especial	67
Educación de Adultos	262
Educación Técnico Profesional	74
Educación Superior	72
Total	2.281

Fuente: Relevamiento Anual 2014. DiNIECE. Min. de Educación

Para el presente estudio se seleccionó un aula ubicada en la sede central de la Facultad Regional Resistencia (FRRe) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN).

La utilización de herramientas de simulación [6] del comportamiento energético de edificios constituye una alternativa válida [7] tanto para diseñar construcciones nuevas como para determinar el impacto económico de algunas mejoras sea para mejorar el confort o para mitigar el consumo energético.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Ubicación geográfica, descripción de la zona y del edificio.

La ciudad de Resistencia es la capital de la provincia del Chaco. Está localizada a 27.5° latitud Sur, 59.05° longitud Este y 52m snm, en la zona noreste de Argentina. El clima es cálido sin estación seca, corresponde a la zona bioambiental Ib (Norma IRAM11603), con temperaturas medias de 26.1°C temperatura máxima media promedio de 32.1°C y temperatura mínima media promedio de 20.1°C en verano.

La Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Resistencia, objeto de estudio, se ubica en el microcentro de la ciudad. El edificio data de la década de los 60 y desde entonces ha sufrido varias modificaciones y ampliaciones, actualmente posee planta baja, primer y segundo piso.

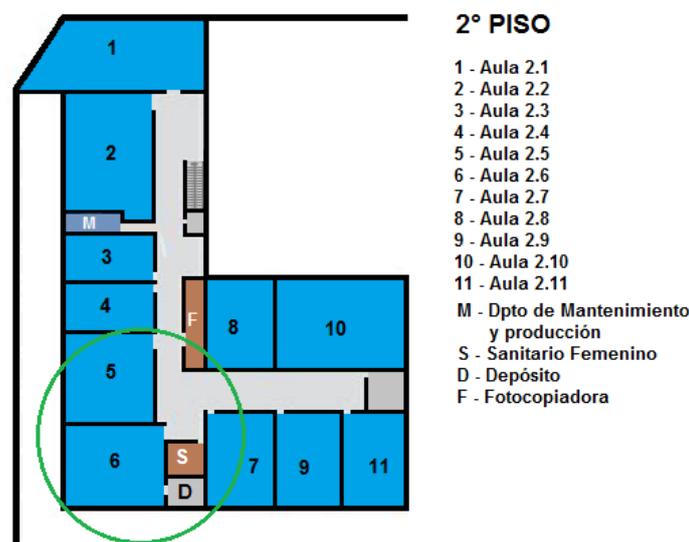


Fig. 1: Segundo piso de la UTN FRRe con indicación del sector objeto de estudio

El aula 2.6 a analizar se encuentra en el segundo piso, la pared Norte tiene vista al estacionamiento, la pared Este con vista a la calle que da con el frente de la edificación. La pared Este es lindante con el aula 2.5. La pared Sur es lindante con el baño y un pequeño depósito, y es donde se encuentra la puerta de acceso y el pasillo.

El sector remarcado en la figura 1 es el que se analizará, y comprende:

Aula 2.6: Aula de nuestro interés, con una superficie de 72 metros cuadrados y una altura del piso al techo de 3.5 metros.

Depósito y sanitario de mujeres: El aula 2.6 posee un depósito que a su vez es lindante con los sanitarios femeninos. Esto se considerará como un solo volumen ya que son de similares características en cuanto a las consideraciones energéticas y para los propósitos de la simulación se pueden asociar de esa manera. Abarcan en conjunto una superficie de 15 metros cuadrados.

Aula 2.5: Lindante con el aula 2.6: Con 72 metros cuadrados, y una altura de 3.5 metros.

También se considerará parte del pasillo que es lindante con el aula 2.6.

2. Datos constructivos

Se detallarán a continuación los aspectos constructivos de la edificación y los materiales que la componen.

Paredes exteriores:

De ladrillo macizo de 0.3 metros de espesor, con revoque interior y exterior.

Nombre	Mortero de cemento o cal para albañilería y revoque/enlucido 1600<d<1800	Muro ladrillo macizo e=0.25m
Rugosidad	Rugoso	Muy Rugoso
Espesor (m)	0.02	0.25
Conductividad (W/m.K)	1	1
Densidad (kg/m ³)	1525	2170
Calor específico (J/kg.K)	1000	1000

Tabla 1: Materiales constructivos de las paredes exteriores (Fuente: ASHRAE 2005)

Paredes interiores:

De ladrillo macizo de 0.15 metros de espesor, con revoque interior y exterior.

Nombre	Mortero de cemento o cal para albañilería y revoque/enlucido 1600<d<1800	Muro ladrillo macizo e=0.12m
Rugosidad	Rugoso	Muy Rugoso
Espesor (m)	0.02	0.12
Conductividad (W/m.K)	1	1
Densidad (kg/m ³)	1525	2170
Calor específico (J/kg.K)	1000	1000

Tabla 2: Materiales constructivos de las paredes interiores (Fuente: ASHRAE 2005)

Piso:

El piso posee una losa pre ensamblada

Nombre	Hormigón armado e=0.1 m	Mortero de cemento o cal para albañilería y revoque/enlucido 1600<d<1800	Mosaico granítico 30x30 cm
Rugosidad	Rugoso	Rugoso	Rugosidad Media
Espesor (m)	0.1	0.02	0.025
Conductividad (W/m.K)	2	1	3
Densidad (kg/m ³)	2400	1525	2750
Calor específico (J/kg.K)	1000	1000	837

Tabla 3: Materiales constructivos de los pisos (Fuente: ASHRAE 2005)



Techo:

El techo es de chapa galvanizada en la parte superior, y en la parte inferior posee machimbre, y entre estas dos construcciones tiene una cámara de aire de aproximadamente 0.5 metros de espesor. Posee aislación térmica e hidráulica.

Nombre	Machimbre 1/2"	chapa ondulada galvanizada	000 F05 Ceiling air space resistance
Rugosidad	Rugosidad Media	Lisa	-
Espesor (m)	0.0127	0.008	-
Conductividad (W/m.K)	0.13	45.3	-
Densidad (kg/m ³)	840	7820	-
Calor específico (J/kg.K)	1381	500	-
Resistencia térmica (m ² .K/W)	-	-	0.18

Tabla 4: Materiales constructivos del techo (Fuente: ASHRAE 2005)

Cerramientos:

Las ventanas tienen aberturas de madera y vidrio común de 4 mm de espesor, el mismo está recubierto con una pintura opaca acrílica con el fin de proteger de la radiación solar.

Las puertas y sus aberturas son de madera de 0.4 cm de espesor. Las aberturas no tienen aislación térmica.

Nombre	Madera	Vidrio
Rugosidad	Media	-
Espesor (m)	0.04	0.004
Conductividad (W/m.K)	0.29	0.9
Densidad (kg/m ³)	900	-
Calor específico (J/kg.K)	1600	-
Resistencia térmica (m ² .K/W)	-	-

Tabla 5: Materiales constructivos de las ventanas y puertas (Fuente: ASHRAE 2005)

Parasoles

Si bien no son parasoles propiamente dichos, la fachada del edificio tiene unas salientes de 0.5 metros que bordean las ventanas, que sirven de protección contra el Sol. A los efectos entonces, deben tenerse en cuenta en el modelo.

3. Monitoreo experimental

Se relevaron los datos de temperatura interior, humedad interior, temperatura exterior, humedad exterior, punto de condensación y presión atmosférica relativa utilizando la estación meteorológica *WS-2812-IT Professional Weather Station* y el software de control y adquisición *HeavyWeather Pro WS 2800 de La Crosse Technology®*. Se compararon los datos meteorológicos adquiridos con los datos oficiales suministrados por la estación meteorológica SARE (Aeropuerto Internacional Resistencia) del Servicio Meteorológico Nacional [8], teniendo en cuenta el efecto de isla de calor urbano [9], obteniéndose buena correlación y adecuada validación de los registros.

Para la simulación del comportamiento térmico del aula se utilizó el software *Energy Plus* desarrollado por el Departamento de Energía de los EEUU. Dicho programa informático utiliza un archivo de datos climáticos para un año típico meteorológico; en el presente caso se utilizaron los datos climáticos correspondientes a la toma de datos hecha in situ generando el archivo necesario. Además se deben codificar las dimensiones y características térmicas de los materiales de construcción utilizados, las potencias y perfiles horarios de los equipos que contribuyen a la carga térmica y la cantidad, nivel de actividad y perfil horario de las personas que utilizan el aula a simular.

A fin de modelizar virtualmente el aula con todas sus características constructivas se utilizan los programas *SketchUp Make* y *OpenStudio*.



4. Herramientas Sketchup, OpenStudio y Energy Plus

Una vez obtenidos los datos referidos a materiales, medidas y demás información acerca del objeto de estudio, se procedió a realizar el modelado en 3D del aula y sus zonas lindantes. Primero se realiza una breve introducción a estos tres programas.

Energy Plus: Es un programa de simulación de energía en edificios. Se utiliza para modelar tanto el consumo de energía, (para calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación, y enchufe y cargas) como el consumo de agua en los edificios. Trabaja de fondo como motor de cálculo además de un recurso para modelizaciones más complejas. Su versión estable más reciente y la que se utilizó para la simulación es la V8.4.0 para Windows de 64 bits, año 2015.

SketchUp Make: Es un programa de diseño gráfico y modelado en 3D que se puede utilizar (entre otros) en aplicaciones para dibujos de arquitectura. Su característica destacable es que los diseños se pueden realizar de manera extremadamente sencilla, con lo cual se utilizó como base “geométrica” con unas pequeñas variaciones con respecto al uso común. Sirve de interface al Energy Plus ya que éste por sí solo es menos amigable a la hora de modelar. Su versión estable más reciente y la que se utilizó para la simulación es la V16.0.19912 para Windows de 64 bits, año 2015.

Open Studio: Es una colección de herramientas multiplataforma (Windows, Mac, y Linux) de software para apoyar el modelado de energía del edificio usando Energy Plus y análisis avanzado utilizando la radiación. Es un proyecto de código abierto. Hace que sea fácil crear y editar la geometría de la construcción en los archivos de entrada de Energy Plus. También permite hacer simulaciones de Energy Plus y ver los resultados sin salir del programa de dibujo de SketchUp Make. Su versión estable más reciente y la que se utilizó para la simulación es la V 1.10.0 para Windows de 64 bits, año 2015.

5. Metodología de la simulación

Para realizar la simulación de manera correcta, se tienen que tener en cuenta dos factores importantes, por un lado el fichero creado por el usuario con ayuda de las herramientas antedichas con lo que se genera un archivo de extensión .osm, y por el otro el fichero climático. Este fichero (energy Plus weather data .epw) define las condiciones climáticas externas durante la simulación. Cada localidad o zona tiene un archivo que describe la temperatura externa, radiación solar, y otras condiciones atmosféricas. Ofrecen datos “típicos” derivados de observaciones a cada hora durante muchos años en esa región, en una localización específica y son tomados por la oficina de servicio Meteorológico. En el caso particular de Resistencia, no se tienen disponibles dichos datos, de manera que se utilizó el fichero climático de Asunción, Paraguay debido a que el clima allí es representativo al que tenemos en esta zona.

Las cargas térmicas por personas, equipos (aire acondicionado, proyectores, notebook, termostato), luminarias, ventilación, además de las infiltraciones, no se tuvieron en cuenta debido a que el análisis se realizó con el aula vacía en un período donde el edificio estuvo cerrado.

Se utilizó el programa Open Studio para definir los materiales, construcciones y sets constructivos, parasoles y luego se procedió a realizar con el programa SketchUp Make en modelado en 3D, en la Figura 2 se puede ver el esquema completo. La Figura 3 representa el mismo modelo pero con renderizado por tipo de superficie.

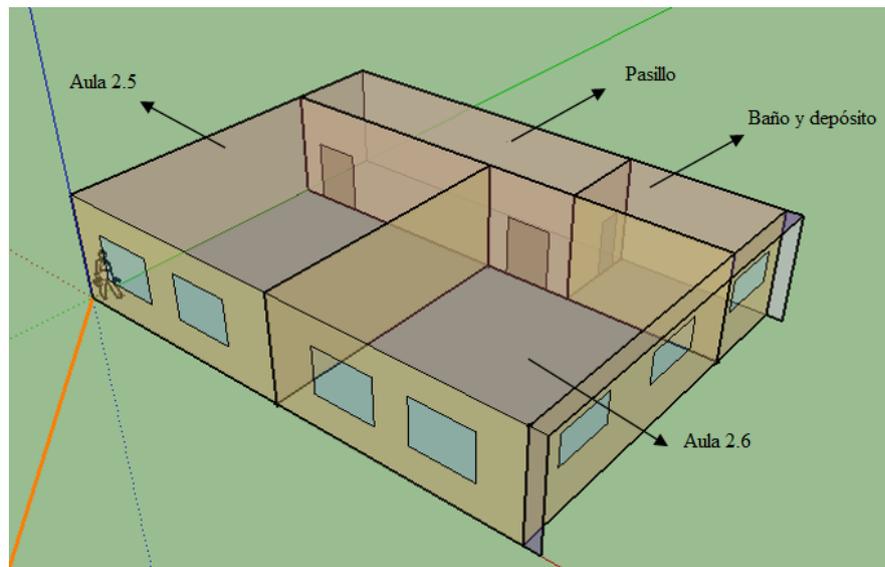


Fig. 2: Modelado con SketchUp Make 3D de las aulas, el pasillo y el baño con el depósito

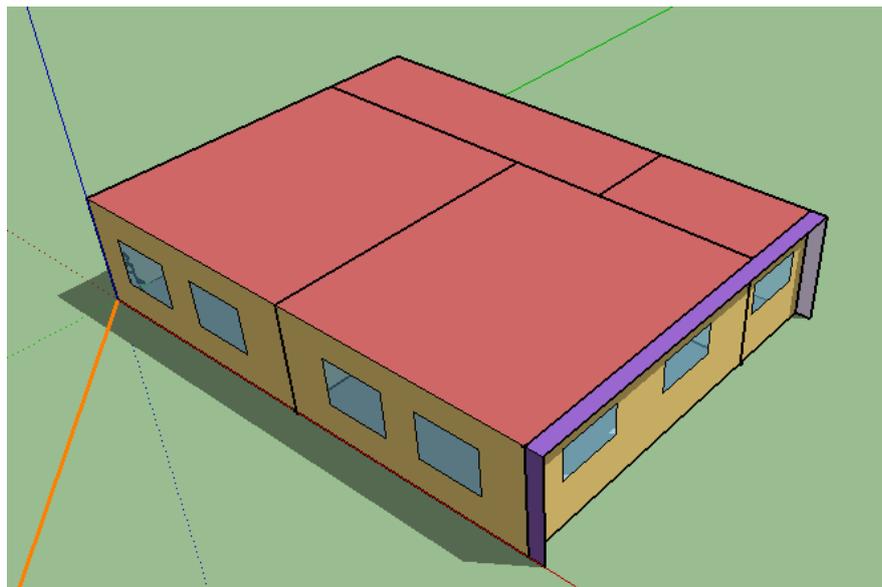


Fig. 3: Modelo renderizado por tipo de superficie

Una vez realizado el modelo se le asignan los sets constructivos dependiendo del tipo de superficie, se crea la zona térmica y se analizan las variables de salida que se quieren obtener luego de la simulación.

En un trabajo anterior [1] se consiguió ajustar el modelo de simulación contrastándolo con los datos medidos por lo que el presente modelo predice adecuadamente el comportamiento del salón bajo diferentes condiciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el estudio se seleccionó el tiempo comprendido entre el 23 de noviembre y el 29 de diciembre de 2015 por tratarse de un período del año lectivo con altas demandas energéticas destinadas a refrigeración. Para mayor claridad se muestran gráficos con los resultados obtenidos para una semana, si bien la demanda de energía destinada a refrigeración y ventilación del salón se calculan para todo el período bajo análisis. En todos los gráficos se seleccionó la misma escala de temperaturas, de tiempo y de potencia frigorífica para facilitar la comparación de los mismos

En la Fig. 4 se representan las temperaturas exterior e interior del local obtenidos de la simulación sin acondicionamiento del aire, junto con los valores de Radiación Solar medida simultáneamente.

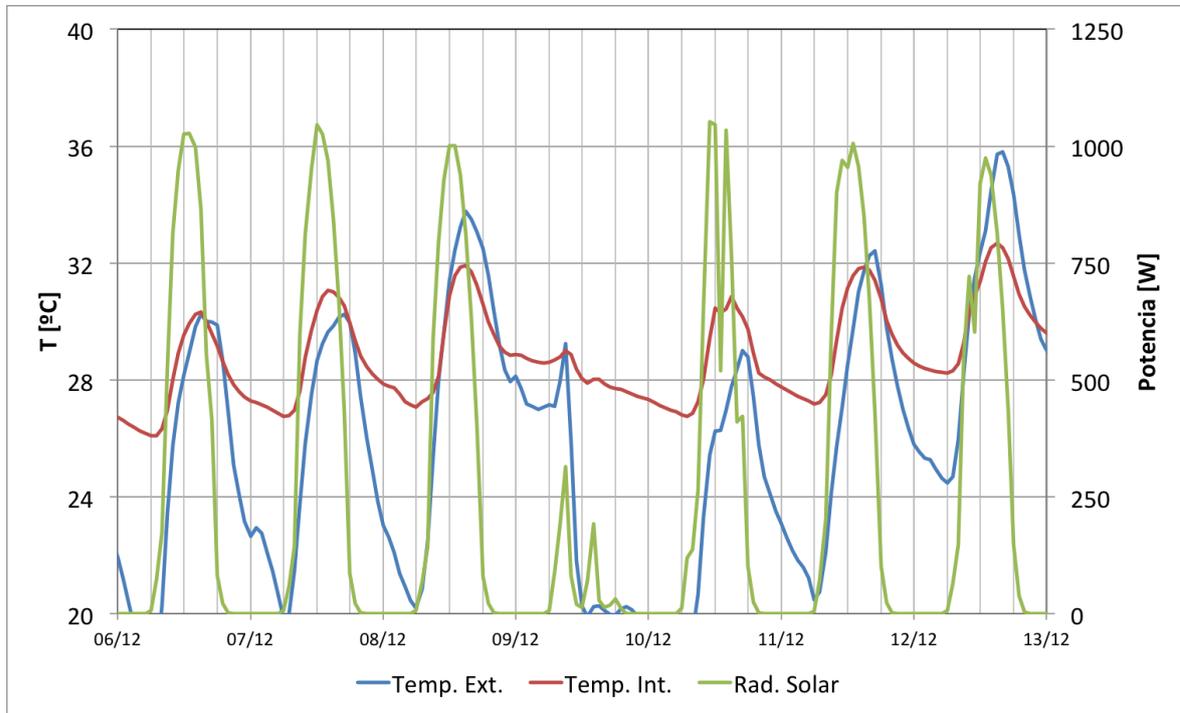


Fig. 4: Aula en situación original, sin acondicionamiento del aire
Energía consumida en refrigeración: 0 MJ

En la Fig. 5 se muestra el comportamiento del aula en estado original, con acondicionamiento mecánico del aire a una temperatura de confort de 25°C durante el período de utilización del aula (8:00 a 12:00 hs y 16:00 a 21:00 hs). La energía demandada para satisfacer las necesidades de refrigeración durante el período en estudio (23/11 al 29/12) ascienden a 6.067,88 MJ.

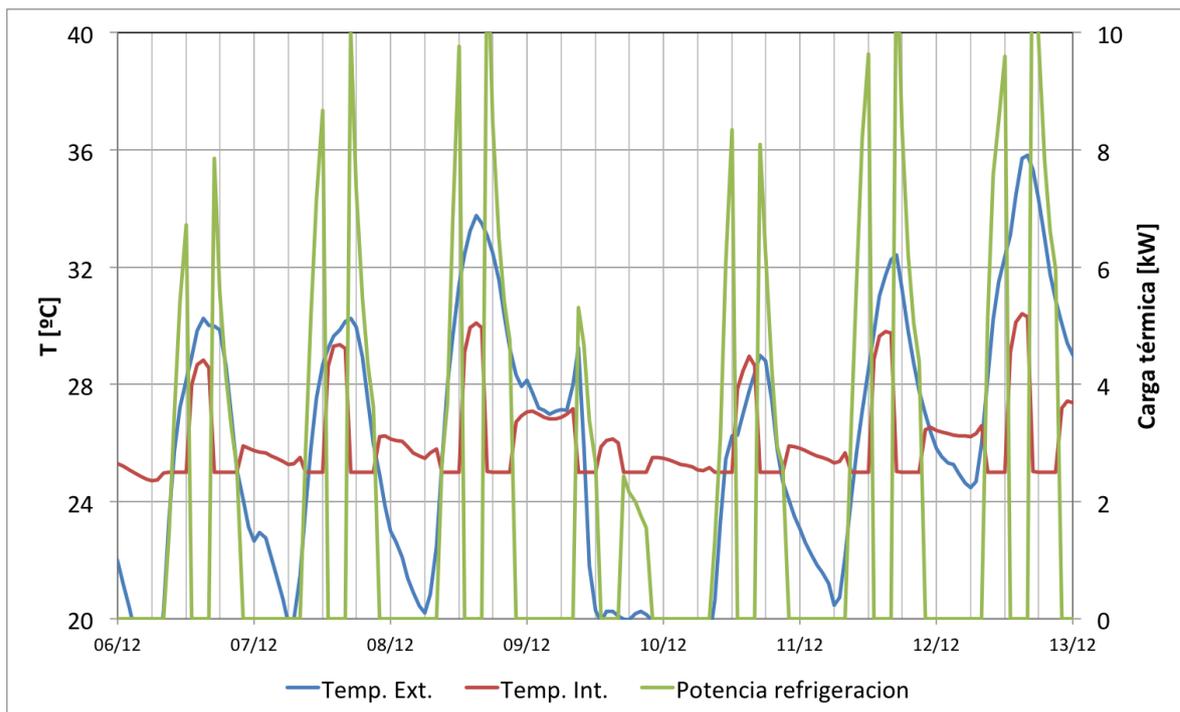


Fig. 5: Aula en situación original, con acondicionamiento del aire
Energía consumida en refrigeración: 6.067,88 MJ

La Fig. 6 representa el aula con doble vidrio en lugar del vidrio simple de las ventanas (DVH), en este caso la carga de refrigeración del período alcanza a 5.893,32 MJ.

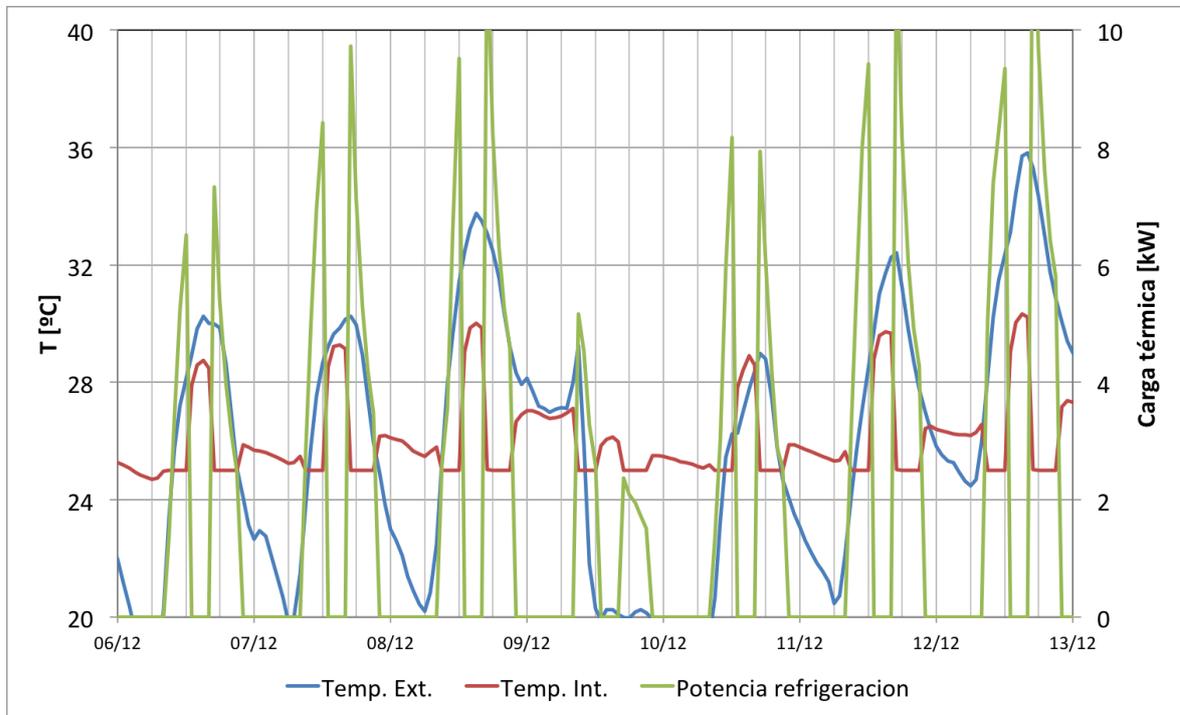


Fig. 6: Aula modificada con DVH (4-8-4), con acondicionamiento del aire
Energía consumida en refrigeración: 5.893,32 MJ

La Fig. 7 representa el comportamiento cuando se le agrega una aislación de lana de vidrio de 50 mm de espesor entre el cielo raso y la cubierta de chapa laminada. En estas condiciones el acondicionamiento del aula requiere solo de 3.624,58 MJ de energía.

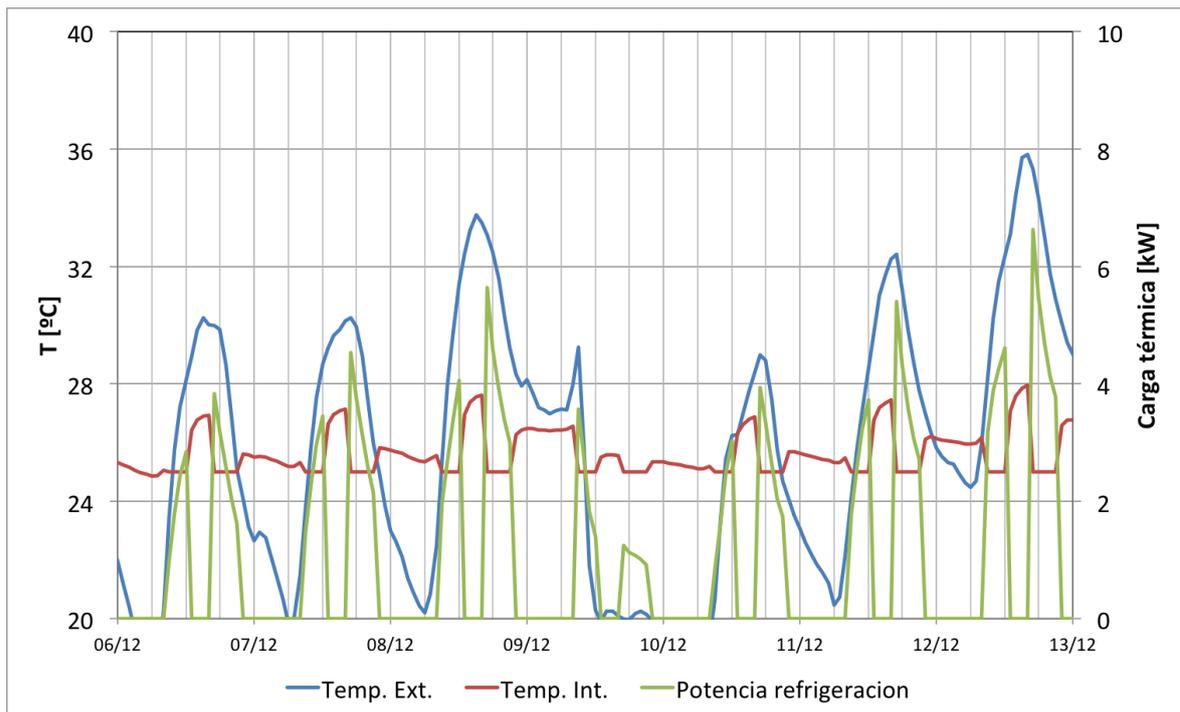


Fig. 7: Aula modificada con aislación de lana de vidrio (50mm) en cubierta, con acondicionamiento del aire
Energía consumida en refrigeración: 3.624,58 MJ

El aula no tiene prevista renovación de aire y la infiltración no es suficiente para cubrir el requerimiento de ventilación recomendado [10]. Cubriendo este requisito la energía necesaria para refrigeración es de 6.811,69 MJ.

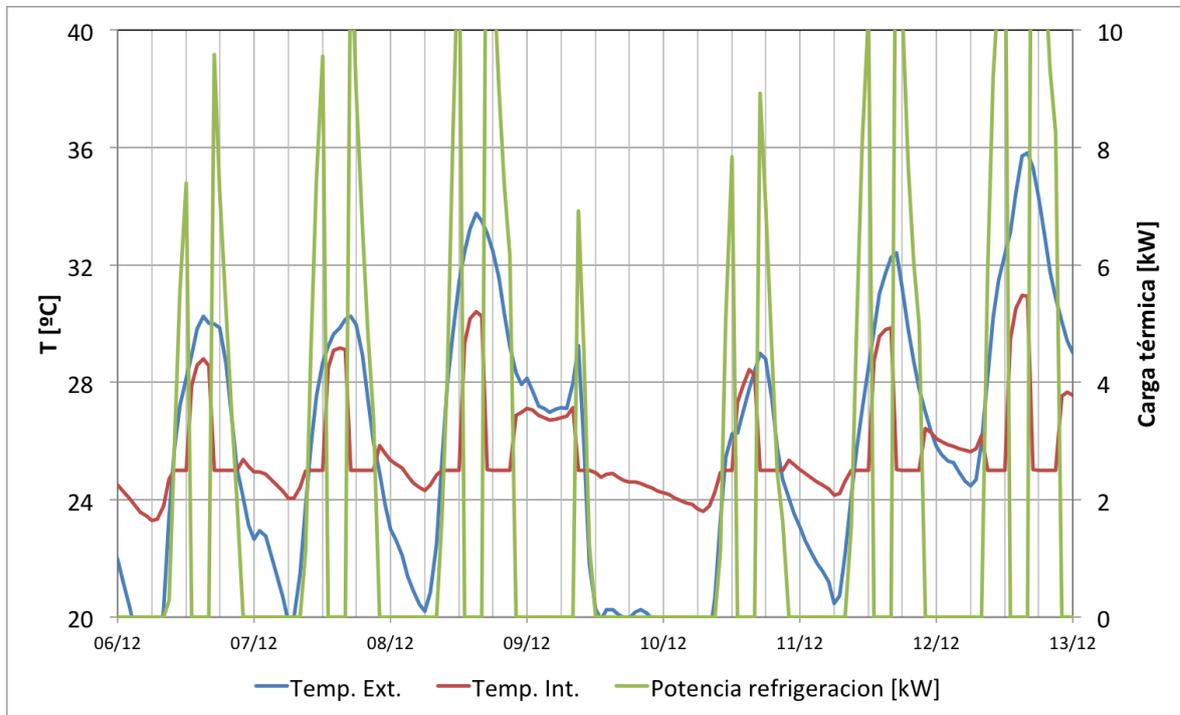


Fig. 8: Aula original con ventilación según normas, con acondicionamiento del aire
Energía consumida en refrigeración: 6.811,69 MJ

La Figura 9 representa el comportamiento del aula con las tres mejoras incorporadas: aislación de 50 mm de lana de vidrio en la cubierta, doble vidrioado hermético (4-8-4) en ventanas y ventilación adecuada a la función. La energía demandada para refrigeración es de 4.550,56 MJ.

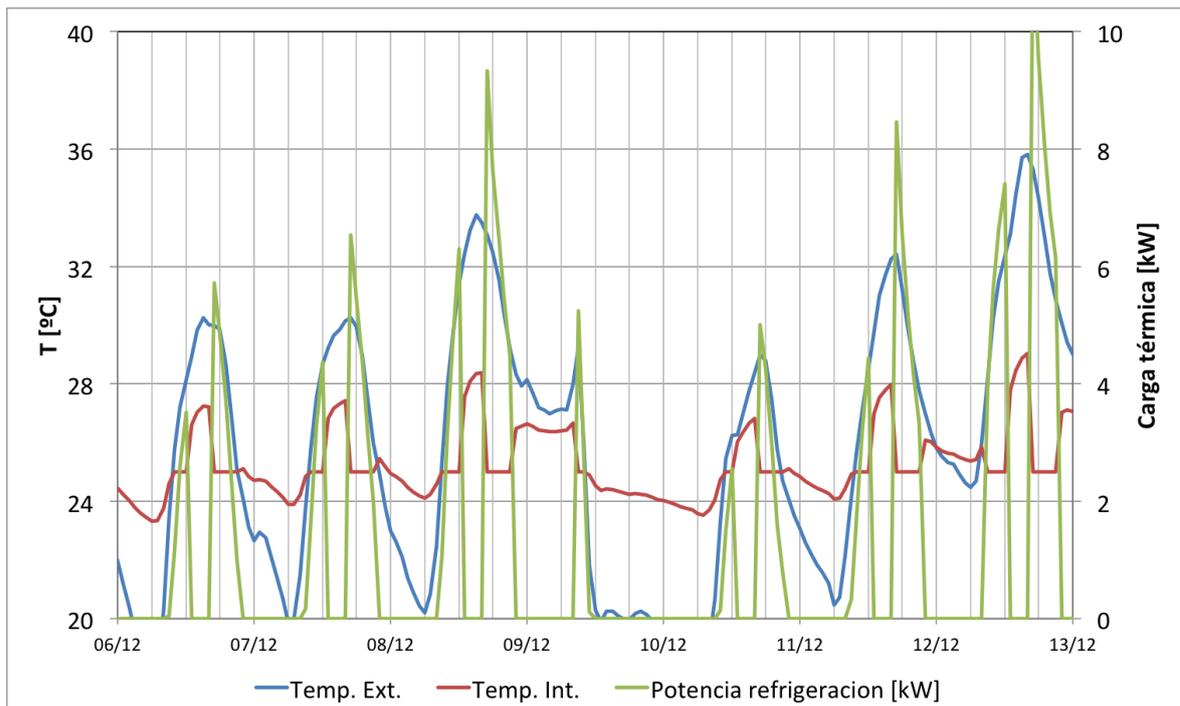


Fig. 8: Aula modificada (DVH + Lana de Vidrio) con ventilación según normas, con acondicionamiento del aire
Energía consumida en refrigeración: 4.550,56 MJ



CONCLUSIONES

En conclusión, es posible cuantificar el ahorro de energía obtenido con cada mejora propuesta y determinar el impacto de cada modificación sobre la situación actual. Así, por ejemplo, se observa que la sustitución del vidriado simple de las ventanas por doble vidriado hermético representa un escaso ahorro, inferior al 3%, respecto de lo que se podría esperar, limitando significativamente su impacto. Sin embargo la mejora en la aislación de la cubierta produce un ahorro superior al 40% en la energía demandada para la refrigeración del local.

Habiendo constatado una deficiencia de confort en cuanto a la renovación del aire, la pretensión de asegurar su calidad en el aula comporta un aumento en el consumo de energía del orden del 12%, pero si se implementan todas estas mejoras simultáneamente, no solo se estaría garantizando la calidad del aire interior sino que además se lograría un ahorro en el consumo de energía que, respecto de la situación actual representa un ahorro del 25%.

La utilización de herramientas de simulación del comportamiento energético de los edificios constituye cada vez más una necesidad para el profesional de la construcción que quiera garantizar resultados tanto técnicos como económicos. No obstante ello, lo laborioso de su aplicación hacen necesarios esfuerzos adicionales para familiarizarse con su uso y evitar errores que anularían su utilidad.

REFERENCIAS

- [1] Juan, Branco; Godoy, Paula; Vargas, Orlando; Zurlo, Hugo. (2014) "Incidencia del Sombreado Exterior y de la Calidad de las Aberturas en el Comportamiento Térmico de Verano en un Salón Educativo en el NEA". III Jornadas de Investigación en Ingeniería del NEA y Países Limítrofes. Resistencia, Argentina.
- [2] Maristany, Arturo; Abadía, Leandra; Angiolini, Silvina; Pacharoni, Ana y Pardina, Matías. (2009). "Comportamiento Higrotérmico de aulas de dos períodos históricos del Colegio Nacional de Monserrat en Córdoba". *ASADES. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol 13*. Río Cuarto, Argentina.
- [3] Instituto Argentino de Normalización. Norma IRAM 11603. (1996) "Acondicionamiento Térmico de Edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- [4] Givoni, Baruch. (1969). *Man, Climate and Architecture*. 1st Ed. Elsevier. Amsterdam.
- [5] Dirección Nacional de Información y Estadística de la Calidad Educativa – DiNIECE. (2014) Anuario Estadístico Educativo. Ministerio de Educación y Deportes. Presidencia de la Nación. <http://portales.educacion.gov.ar/diniece/2014/05/24/anuarios-estadisticos/>.
- [6] Crawley, Drury B.; Lawrie, Linda K.; Winkelmann, Frederick C.; Buhl, W. F.; Huang, Y. Joe; Pedersen, Curtis O.; Strand, Richard K.; Liesen, Richard J.; Fisher, Daniel E.; Witte, Michael J.; Grazer, Jason. (2001); "EnergyPlus: creating a new-generation Building Energy simulation program". *Energy and Buildings* 33 pags 319-331. London.
- [7] Flores Larsen, Silvana; Filippín, Celina; Lesino, Graciela. (2010). "La incidencia de los usuarios en el comportamiento térmico de verano de una vivienda en el noroeste argentino". *IV Conferencia Latino Americana de Energía Solar (IV ISES_CLA) y XVII Simposio Peruano de Energía Solar (XVII- SPES)*. Cusco, Perú.
- [8] <http://www.smn.gov.ar/>.
- [9] Correa, Erica; De Rosa, Carlos; Lesino, Graciela. (2006). "Isla de calor urbana. Distribución espacio-temporal de temperaturas dentro del área metropolitana de Mendoza" *ASADES. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol 10*. Salta, Argentina.
- [10] ASHRAE STANDARD. (2004). "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality". ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2004. Atlanta.

Área temática: Uso racional y eficiente de la energía, medio ambiente.



UTN *bhi*



VI Seminario Nacional de Energía y su Uso Eficiente
Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional
Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado. Universidad Tecnológica Nacional

Análisis preliminar del impacto de la cadena de valor del Cluster Eólico Argentino en la matriz energética. El caso de la provincia de Santa Fe.

ANZOISE, Esteban¹, BERTINAT, Pablo², COGNO, Victor³, CURADELLI, Silvia, SCARAFFIA, Cristina

¹Instituto de Gestión Universitaria – Grupo IEMI

Facultad Regional Mendoza, UTN
Rodríguez 273, Ciudad (5500) Mendoza.

esteban.anzoise@frm.utn.edu.ar

²Facultad Regional Rosario, UTN. wiseros@ciudad.com.ar

³Facultad Regional Rafaela, UTN. victor.cogno@frfa.utn.edu.ar

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo identificar las acciones a desarrollar en la cadena de valor del aerogenerador de media y alta potencia en la provincia de Santa Fe para poder lograr la transformación de la matriz energética de un modelo principalmente basado en combustible fósil a un modelo basado en energía renovable. La novedad de este trabajo es la ausencia de trabajos anteriores para relevar esta cadena de valor así como el enfoque desde la perspectiva del desarrollo de la cadena de valor para un trabajo decente propuesto por la Organización Internacional del Trabajo. El marco metodológico elegido para esta investigación corresponde a un paradigma cuantitativo, con un diseño exploratorio – descriptivo y de corte no longitudinal. El análisis preliminar muestra la ausencia de un integrador dominante local, muy débil interconexión entre sus integrantes y un desarrollo asimétrico de los cuatro motores de desarrollo de la cadena de valor. El clúster muestra un desarrollo medio/alto de la Eficiencia del Sistema y la Calidad del Producto frente a una baja Diferenciación del producto y bajo Entorno Empresarial. El análisis de los Motores de Desarrollo de Sistemas de Mercado muestra principalmente la presencia de problemas de infraestructura asociados con el proceso de transporte de los productos finales así como un alto grado de dificultad para la contratación de operarios calificados. Surge como principal recomendación la necesidad de profundizar la difusión de los Programas de Desarrollo Sectorial y el desarrollo de acciones conjuntas Estado – Universidad – Clúster de modo de liderar desde la UTN la integración del clúster; ampliar la oferta de extensión para facilitar la capacitación de los proveedores, la formación de RRHH en logística y el desarrollo de operarios calificados a través de la Certificación de Oficios y facilitar el contacto entre los egresados de ingeniería y las empresas.

Palabras Claves: matriz energética, cadena de valor, aerogenerador, clúster eólico, provincia de Santa Fe

Área temática: Energía renovable

1. INTRODUCCIÓN

1.1. CONTEXTO A NIVEL MUNDIAL

Desde el inicio de la Primera Revolución Industrial en el periodo 1760 – 1830 [1], los combustibles fósiles (incluyendo carbón, petróleo crudo y gas natural) han sido la principal fuente de energía comercial a nivel global para la producción industrial, calefacción y transporte. Dichos combustibles fósiles todavía constituyen el 81% de la Matriz Energética Global al año 2013 y su proyección para el año 2040 llega al 75% [2, 3]. Hidrocarburos, especialmente petróleo, también se han utilizado en las industrias farmacéuticas, de construcción y de la confección, así como para la producción de fertilizantes, productos alimenticios, plástico y pinturas. La necesidad de diversificar la matriz energética [4] ha permitido la inclusión y el desarrollo de otras fuentes de energía como la energía nuclear y las energías renovables [5, 6]. Al año 2016, la inclusión de otras fuentes de energía, como la nuclear y las energías renovables, como la eólica, solar, geotérmica, el agua y la biomasa, en la matriz energética mundial son todavía marginales, principalmente por los altos costos y tecnologías en procesos de desarrollo [6]. En el caso de la energía nuclear, hay preocupaciones adicionales de seguridad, incluida la eliminación a largo plazo de residuos radiactivos [7]. Sin embargo las perspectivas de crecimiento son altas principalmente por los saltos tecnológicos producidos en los

últimos cinco años; la reducción de costos de los componentes para la producción de energía eólica y solar [6, 8] así como la implementación de políticas de promoción en 64 países [6, 9]. En el caso de la energía eólica, “esta juega un rol principal en el suministro de la energía demandada en numerosos países incluyendo Dinamarca (42% de la demanda en 2015), Alemania (más del 60% en cuatro cantones) y Uruguay (15,5%)... Para cumplir con la demanda existente, nuevas fábricas están en proceso de instalación alrededor del mundo. Los principales desafíos para su implementación incluyen la falta de infraestructura de transmisión y las restricciones en la potencia a generar (particularmente en China)” [6, p. 23].

1.2. SITUACIÓN ENERGÉTICA EN ARGENTINA

El análisis de la matriz energética argentina al año 2014 muestra un aspecto similar al de 1984 en cuanto a la alta dependencia de combustibles fósiles. El cambio más importante que se observa es en la gasificación de la matriz perdiendo peso en la misma el petróleo que fue ocupado por el gas natural. Los combustibles fósiles representan un 86% de la matriz energética distribuido en petróleo y sus derivados (32%); gas natural (52%) y carbón mineral (2%) [10-12]. En relación con estas componentes de la matriz energética, Argentina posee reservas de gas natural por 322 Gm³ [13, 14]; 118 Mt de carbón mineral [13] y 2,4 millones de barriles de petróleo [14]. Adicionalmente Argentina tiene un estimado de 3.244 trillones de pies cúbicos [Tcf] de shale gas y 0,480 billones de barriles de shale oil técnicamente recuperable de alto riego [15, 16].

Al año 2014, la participación de la energía renovable en la matriz energética llega al 11% lo que es relativamente más alto que el valor medio de OCDE (7,1% al año 2008) pero menor que el valor medio mundial (13% al año 2010) [17] debido principalmente a la elevada participación de la hidroelectricidad (5%) y de biocombustibles (4%) [18]. A su vez, Argentina posee un importante potencial de recursos renovables (hidroelectricidad (40 GW), energía solar (promedio de Radiación Global Diario de 5 kWh/m²-día), energía geotérmica (2000 MW), energía eólica (ente 5 GW y 20 GW), y biomasa (148 x 10⁶ Ton) que posibilitaría incrementar de manera significativa este indicador [13, 19] [20].

En relación con el sector eléctrico, la generación en Argentina tiene como insumos, en valores promedio para el año 2014, la hidroenergía (23%), gas natural (52%), fuel oil (16%), nuclear (4%) y renovable (1,4%) [13, 18, 19, 21]. El análisis de la demanda de energía muestra que continuó creciendo desde el año 2002 a un ritmo inclusive en valores superiores a la tasa de crecimiento del PBI [22], pero la oferta no fue suficiente por lo que Argentina tuvo que aumentar la importación de combustibles [23]. Desde 2011, el balance comercial energético se ha mantenido negativo para Argentina. La importación de combustible y electricidad ha ido en continuo incremento lo que ha causado un impacto negativo en la balanza comercial argentina [23-26].

Diversos modelos de demanda de energía a nivel país y de la demanda de energía eléctrica para Argentina basados en tanto el crecimiento poblacional estimado como las expectativas de mejora de la calidad de la vida generan diversos escenarios en el rango del período 2030 – 2050. En general coinciden en proyectar un crecimiento anual acumulado del orden del 2,8% al 3% hasta el año 2050 como se muestra en el gráfico 1. Esto implica que Argentina necesitará duplicar la capacidad instalada de generación eléctrica [27-29]. Esta demanda proyectada ofrece una oportunidad para que Argentina redefina su modelo energético en base a su potencial de energía renovable donde la energía eólica ofrece las mejores perspectivas [17, 30]

1.2.3. MATRIZ ENERGÉTICA DE LA PROVINCIA DE SANTA FE Y EL IMPACTO ESPERADO DE LA ENERGÍA EÓLICA

La matriz energética de la Provincia de Santa Fe no muestra diferencias importantes respecto a la nacional [31]. Es una Provincia que no dispone de recursos primarios fósiles por lo cual se puede indicar que es un importador neto de la misma. Sin embargo posee importantes recursos de fuentes primarias renovables no convencionales como la hidráulica, biomasa, biogás (94 millones m³ de mínimo y 150 millones m³ de máximo), biodiesel, solar y eólica aún pendientes de aprovechamientos de escala [32, 33].

Desde el año 2014 la Provincia de Santa Fe se encuentra desarrollando la prospección de recursos solar y eólico. El recurso solar se explora mediante el desarrollo de una red solarimétrica operada por investigadores del Grupo de Energías No-Convencionales (Genoc-CONICET-UNL), la Facultad de Ingeniería Química (FIQ) y el Instituto de Física del Litoral (IFIS-CONICET-UNL) que conforman el grupo de Energías no Convencionales (GENOC) [34]. Las mediciones iniciales muestran que en la

provincia de Santa Fe hay un promedio de Radiación Global Diario de 4,5 kWh/m²-día [32] que superior al de Alemania (entre 2,7 y 3,3 kWh/m²/día que permite generar el 6,9 % del consumo total de electricidad) y al de España (entre 3,3 y 5,3 kWh/m²/día que permite generar el 3% del consumo total de electricidad) [34]. En el año 2016 está proyectado el arranque del primer parque fotovoltaico que tendrá una potencia instalada de 1,1 MW y una producción estimada de energía eléctrica anual de 1,2 GWh a una inversión inicial de 32 millones de pesos [35].

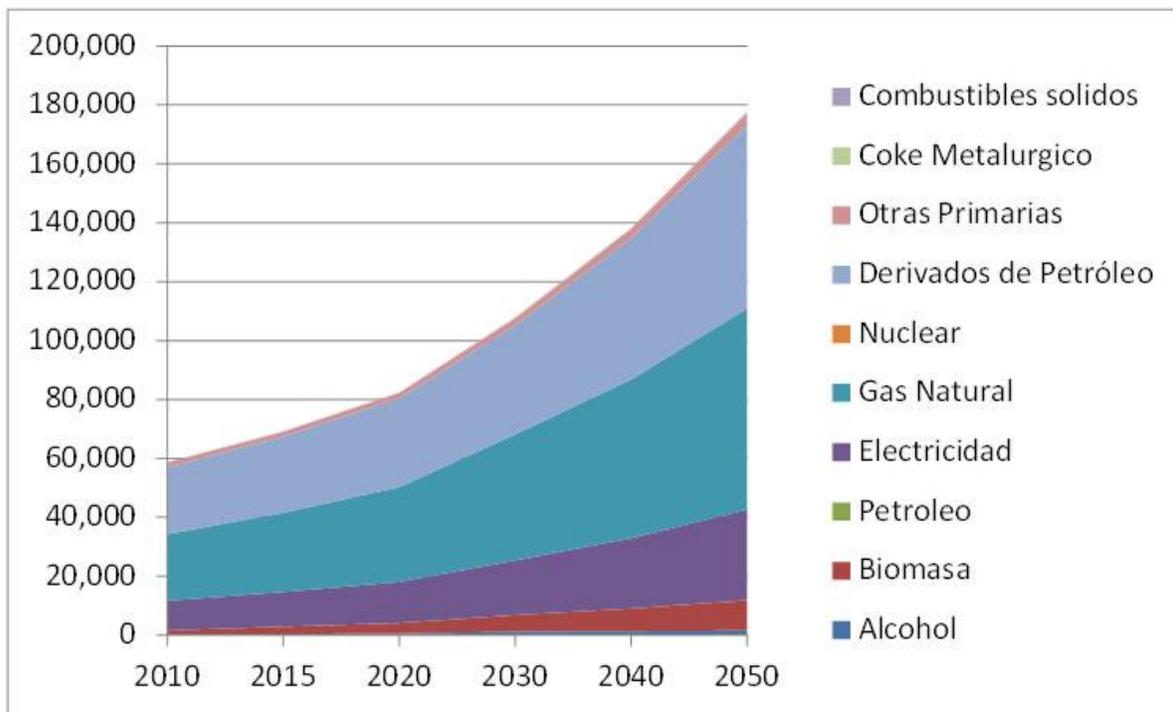


Gráfico 1: Prospectiva de la demanda de energía por sector para Argentina para 2010 – 2050

Fuente: Reproducido de Sbroiavacca, N. D., & Lallana, F. (2011, n.d.). Modelización Energética.

Retrieved 29/06/2016, 2016, from http://www.climagua.org.ar/?page_id=17

El recurso eólico se está relevando mediante un convenio con la Facultad Regional Rosario de la Universidad Tecnológica Nacional [36, 37]. Como resultado de estas mediciones se encuentra en proceso de gestión por parte de una empresa privada del Parque Eólico Rufino de 25 MW de potencia a un costo de cincuenta millones de dólares [38]. Los estudios realizados indican que todo el territorio provincial es apto para la generación de energía eólica de baja potencia (hasta 10 kW) con vientos con una velocidad promedio anual superior a los 5 m/s medidos a 24 m de altura y diversos puntos para generación potencial de energía eólica con una velocidad media medida a 85m de entre 5 a 7 m/s y un factor de capacidad de entre 20 y 35% [32]. Como una de las principales conclusiones del análisis de la matriz energética de la provincia de Santa Fe podría citarse que el desarrollo de parques eólicos por proveedores locales ayudaría a promover el cambio de uso de energía fósil al uso de energías no contaminantes.

2. METODOLOGÍA

Para ese estudio se establece inicialmente un proyecto interinstitucional de investigación y desarrollo identificado con el código UTI1926. El marco metodológico elegido para esta investigación corresponde a un paradigma cuantitativo, con un diseño exploratorio – descriptivo y de corte no longitudinal. Se diseñó una metodología que permite describir el contexto industrial en base a una medición única anual en un determinado sector industrial. Esta investigación se limita al estudio de una cadena de valor como caso de referencia que impacta en el Producto Bruto Geográfico de la Provincia de Mendoza y no tiene antecedentes de estudio. A partir de este primer estudio se extiende el análisis a la totalidad de empresas pertenecientes al Clúster Eólico Argentino a partir del

financiamiento provisto por la Secretaría de Políticas Universitarias en la 18° Convocatoria Proyectos de Vinculación Tecnológica "Capacidades Científico Tecnológicas Universitarias para el Desarrollo Energético" Ingeniero Enrique Mosconi de modo de poder relevar 64 empresas distribuidas geográficamente en las regiones Centro y Buenos Aires (53); NOA (2); Nuevo Cuyo (solo La Rioja) (1); y Patagonia (8) de Argentina. La base depurada quedó conformada por 62 empresas y en el caso de la provincia de Santa Fe se identificaron 11 empresas pertenecientes al Clúster Eólico Argentino de las cuales cuatro (4) producen componentes principales¹ y siete (7) producen componentes complementarios². De las 11 empresas identificadas, cinco (5) aceptaron participar del relevamiento.

El análisis de la cadena de valor de generación de energía eólica identifica la fabricación del aerogenerador de mediana y alta potencia (≥ 1 MW) como una de sus etapas que impacta en un valor aproximado del 70% del costo final de dicha cadena, como se ve en el gráfico 2. El gráfico 3 muestra el despiece del aerogenerador que comprende componentes mecánicos de soporte y captación de la energía eólica (torre / pala / carenado / góndola); conversión de la energía eólica en energía eléctrica (bujes y ejes / generador); conversión de la salida de energía eléctrica del aerogenerador en un valor estabilizado (transformador) y elementos de fijación del aerogenerador en el lugar (anillos de fundación).

Para el análisis de la cadena de valor se utiliza el modelo de desarrollo de la cadena de valor para un trabajo decente propuesto por la Organización Internacional del Trabajo que identifica cinco motores de desarrollo de la cadena de valor (Eficiencia del sistema; Calidad el producto; Diferenciación del producto; Normas sociales y medioambientales y Entorno Empresarial) y Motores de desarrollo de sistemas de mercado [39]. En este relevamiento preliminar no se incluyó el análisis de Normas sociales y medioambientales.

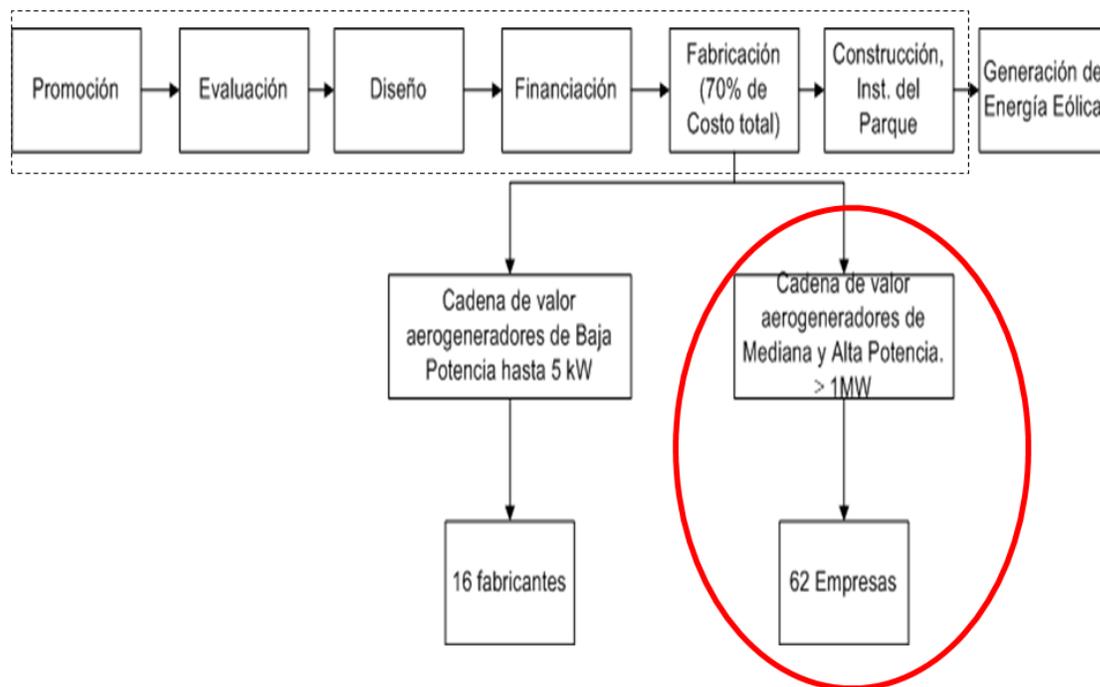


Gráfico 2: Cadena de valor de la generación de energía eólica

Fuente: elaboración propia

¹ Nota del autor: A los términos de este estudio se identifican como componentes principales la torre; las palas; el carenado; la góndola y los elementos de conversión de la energía eólica en energía eléctrica que incluye bujes y ejes y el generador.

² Nota del autor: A los términos de este estudio se identifican como componentes complementarios el transformador y los elementos de fijación del aerogenerador en el lugar (anillos de fundación).

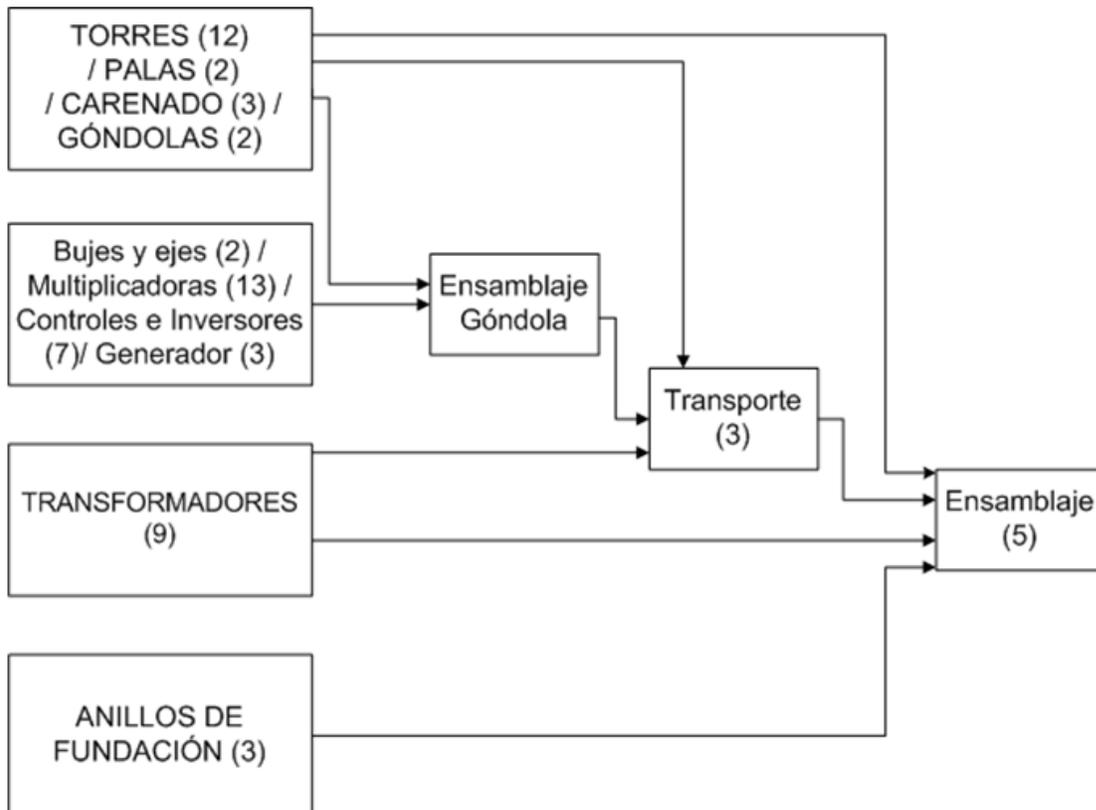


Gráfico 3: Despiece del aerogenerador de mediana y alta potencia
Fuente: elaboración propia

3. DESARROLLO DEL CLUSTER EÓLICO EN LA PROVINCIA DE SANTA FE

3.1. PERFIL DEL CLUSTER EÓLICO SANTAFESINO

Las empresas relevadas tienen la capacidad para producir partes para el montaje de un aerogenerador Clase I para sitios de velocidades medias de 12 m/s, de 1500 kW de potencia nominal, con una altura al núcleo de palas de 70m con diverso grado de integración de componentes nacionales e importados. De igual forma tienen capacidad para la fabricación de las torres y la obra civil requerida para el montaje del aerogenerador. Todas se hallan en la categoría de PyMEs de acuerdo a la Clasificación de la SEPyME para la Pequeña y Mediana Empresa (A.1.1); con un nivel de actividad que demanda entre el 85 al 120% de su capacidad instalada (A.2). En promedio, el principal destino de su producción (49%) es el mercado nacional siendo otros destinos el mercado local y regional (43%) (A.3.1) así como el mercado internacional (8%) (A.3.2 /3 / 4). En términos de análisis de contexto, desde la perspectiva del Modelo de las 5 Fuerzas de Porter, las empresas del cluster eólico santafesino identifican en promedio más de 3 competidores directos de origen nacional en el principal producto y/o servicio que ofrecen (E.3.1 / 2 / 3). Como problemas principales identifican como presentes en gran medida pocos proveedores alternativos en calidad y precios, y alta dependencia de proveedores en el exterior y presentes en regular medida la presencia de fuertes competidores de otros países (E.3.4).

3.2. MOTORES DE DESARROLLO DE LA CADENA DE VALOR

3.2.1. DIFERENCIACIÓN DEL PRODUCTO

El primer motor de desarrollo de la cadena de valor identificado como Diferenciación del Producto tiene tres componentes: 1) Nivel de Integración; 2) Innovación; y 3) Nivel de Cooperación. En relación con el Nivel de Integración, en análisis de la cadena se focaliza inicialmente en la integración vertical. En relación con el grado de integración en relación con el producto terminado [*downstream integration*

or forward integration] en la cadena de valor de la fabricación del aerogenerador de media y alta potencia, se halla que el principal cliente que demanda en promedio más del 30% de su producción no pertenece al cluster eólico y se halla ubicado hasta un radio de hasta 1000km (E.2.1 / E.2.2 / E.2.3 / E.2.4 / E.2.5 / E.2.6). De igual forma se halla que en relación con el grado de integración en relación con los proveedores de materia prima [*upstream integration or backward integration*] en la cadena de valor de la fabricación del aerogenerador de media y alta potencia, se halla que el principal proveedor solo provee hasta un 30% de la materia prima demandada, no pertenece al cluster eólico y un 60% de dichos proveedores se hallan ubicados en un radio de 500km (E.2.8 / E.2.9 / E.2.10 / E.2.11 / E.2.12). En relación con la segunda componente – Innovación - las acciones realizadas en los últimos 12 meses se orientaron a introducir innovación en procesos, productos y/o gestión de recursos en su organización; principalmente a través el desarrollo en el área de ingeniería y/o diseño industrial y proyectos de investigación con personal interno de la organización (C.2.1). Los modos de innovación predominantes son la innovación interna a cargo las áreas de ingeniería, desarrollo, procesos y/o marketing y la innovación colectiva basada en el desarrollo conjunto con universidades, organismos públicos, competidores, y alianzas estratégicas. (C.2.2). El resultado de dichas acciones de innovación ha producido principalmente la elaboración de un nuevo producto (C.2.3). Finalmente, el 70% de las empresas informa que los cambios organizacionales a realizar en el corto plazo responden principalmente a nuevas demandas organizacionales (D.2.1) y se hallan en proceso de sustitución de importaciones (D.2.3).

Por último, en relación con la tercer componente – Cooperación - el 80% de las empresas relevadas del clúster santafesino están afiliadas a alguna cámara empresarial (E.1.1). En relación con la participación conjunta con otras organizaciones solo realizan acciones aisladas en eventos relacionados con la venta de la producción y compra de insumos (E.1.2). Sin embargo, todas concuerdan que principalmente la participación conjunta con otras organizaciones en programas asociativos orientados a mejorar el fortalecimiento de relaciones comerciales y la participación en ferias fortalecería en gran medida el desarrollo de su cadena de valor (E.1.3).

3.2.2. CALIDAD DEL PRODUCTO

El análisis del segundo motor de desarrollo de la cadena de valor identificado como calidad muestra que todas las empresas hacen uso extensivo de diferentes herramientas de la calidad en sus procesos aplicando principalmente puntos de control de calidad y planillas de seguimiento en cada puesto de control (C.1.1). Todas las empresas relevadas tienen implementado Sistemas de Gestión Normalizados. De igual forma, todas implementan normas generales como reglamentos técnicos y normas específicas propias de la actividad, y en menor medida hacen desarrollo de productos certificados bajo una norma específica (C.1.2). Como parte de la política de desarrollo de proveedores, todas requieren en gran medida la implementación de Sistemas de Gestión Normalizado o una determinada norma específica propia de la actividad a sus proveedores y en menor medida exigen la aplicación de determinada norma general (C.1.3).

3.2.3. EFICIENCIA DEL SISTEMA

El tercer motor de desarrollo de la cadena de valor identificado como Eficiencia del sistema tiene dos componentes: 1) Recursos Humanos y 2) Competitividad. En relación con los Recursos Humanos, el 80% de las empresas encuestadas tienen el 100% de su personal incorporado en forma permanente y prevén un incremento promedio de personal del orden del 80% en los próximos cinco años (B.1.1). En relación con el grado de instrucción del personal, en promedio, un 44% del personal tiene primario incompleto, 26% del personal tiene secundario completo, 22% tiene terciario universitario, 7% título universitario y 1% tiene título de postgrado (B.1.2). El análisis comparativo de las estructuras organizacionales de las empresas relevadas muestra diferencias significativas ya que un 80% de las empresas posee una pirámide organizacional ancha con un promedio del 64% de personal en puestos de operarios, 22% en puestos técnicos y de ingeniería, 9% administrativos y 6% en cargos gerenciales. El restante 20% de las empresas muestra una pirámide organizacional de base angosta tecnoestructural con un 38% de personal en puestos de operarios, 31% en puestos técnicos y de ingeniería, 7% administrativos y 23% en cargos gerenciales. En relación con las perspectivas organizacionales de los próximos cinco años relacionadas con la contratación de personal, la demanda principal se centrará en Ingenieros Electrónicos y Electromecánicos, y Técnicos Electrónicos. La componente principal de especialización demandada es Procesos Industriales (D.1).

Finalmente, en relación con la componente Competitividad, en términos de las estrategias desarrolladas en las empresas del cluster eólico santafesino para mejorar su competitividad se halla que principalmente se han implementado como estrategia competitiva principal la competencia por calidad y la ampliación de mercado y se hallan presentes en regular medida acciones orientadas a la diferenciación por producto elaborado y la competencia por precios (E.3.5). En promedio, la estructura de costos se concentra en el costo salarial total (45%), materia prima/ Insumos /partes y componentes (37%) y otros costos (13%) (E.3.6). Todas las empresas han realizado inversiones en la organización en los últimos 12 meses (2do semestre 2013 – primer semestre 2014) (E.3.7) por un monto promedio del 12% del total de sus ventas (E.3.8) orientadas en gran medida a la reducción de costos y el mejoramiento de la capacidad comercial (E.3.9). Como fuente de financiamiento para la realización de dicha inversiones se reporta en promedio el uso en gran medida de recursos propios, y el uso en regular medida del financiamiento bancario de origen privado (E.3.10). Al completar los 12 meses de inversión, el 60% de las empresas reporta que el estado de la maquinaria de producción puede calificarse de punta / moderna, el 20% lo califica como antigua y el 20% identifica el principal capital como el Recurso Humano (E.3.11).

3.2.4. ENTORNO EMPRESARIAL

El cuarto y último motor de desarrollo de la cadena de valor, evaluado en este trabajo, es identificado como Entorno empresarial y tiene dos componentes relevadas: 1) Reglas y Normativas Gubernamentales y 2) Impacto de organismos de promoción del desarrollo, organizaciones privadas y organizaciones gremiales. En relación con las Reglas y Normativas Gubernamentales, solo el 60% de las empresas relevadas del clúster eólico santafesino tiene conocimiento de Políticas de Apoyo Sectorial y principalmente a nivel nacional desconociendo acciones a nivel provincial y/o local (D.2.4). En cuanto al Impacto de organismos de promoción del desarrollo, organizaciones privadas y organizaciones gremiales, el estudio muestra que el 40% de las empresas relevadas reportan restricciones principalmente de tipo financiero para acceder a equipamiento e infraestructura (D.2.2).

3.3. MOTORES DE DESARROLLO DE SISTEMAS DE MERCADO

Este trabajo solo relevó dos Motores de Desarrollo del Sistema de Mercado: 1) Infraestructura y Servicios Conexos y 2) Oferta de Personal con Competencias Demandadas. En relación con la Infraestructura y Servicios Conexos, el estudio muestra que en relación con el proceso de transporte de los productos finales, las empresas del clúster eólico santafesino identifican como principales problemas presentes en gran medida los elevados costos de transporte y el deficiente estado de la infraestructura vial. De igual forma identifican como problemas presentes en cierta medida la baja disponibilidad de vehículos y la falta de programación en la propia empresa (E.2.13). Por último, en relación con la componente Oferta de personal con competencias demandadas, todas las empresas hallan principalmente un alto grado de dificultad para la contratación de personal universitario (C.2.4), por lo que la cobertura de los puestos de trabajo asociados con dichas calificaciones se realiza con dificultad (C.2.5).

4. CONCLUSIONES Y PRINCIPALES RECOMENDACIONES.

El análisis preliminar de las empresas que pertenecen al Clúster Eólico Argentino ubicadas en la provincia de Santa Fe muestra la ausencia de un integrador local así como una distancia de entre 860 km y 1800 km a los dos integradores dominantes identificados en la Región Patagónica [40] y en la provincia de Mendoza. Esta ubicación geográfica respecto de dichos integradores agrega un alto costo de logística para poder suministrar las partes requeridas para el ensamblaje del aerogenerador. Los integrantes del clúster eólico a nivel de la provincia de Santa Fe se hallan muy débilmente interconectados al no existir actualmente transacciones entre ellos en el área de la generación eólica. El actual sistema arancelario permite importar componentes terminados con tasa 0 mientras que aplica tasas del 5 al 25% a materia prima y componentes básicos que permitirían el desarrollo del aerogenerador en Argentina [41, 42].

En términos del primer motor de cambio para el desarrollo de la cadena de valor – Diferenciación del Producto – el análisis de la primer componente identificada como integración de la cadena de valor revela la ausencia de un integrador a nivel regional y un muy bajo nivel de integración a nivel de cluster eólico con 60% de los proveedores principalmente ubicados en un radio de 500 km y los principales clientes a una distancia de hasta 1000 km. Por ello puede verse que existe interacción con

otras cadenas de valor como se muestra en el gráfico 4. Como primera recomendación, la redefinición de las barreras arancelarias permitirá promover un mayor grado de integración de componentes nacionales en la fabricación del aerogenerador lo que promoverá un mayor nivel de integración de la cadena de valor del aerogenerador en la Región Santafesina.

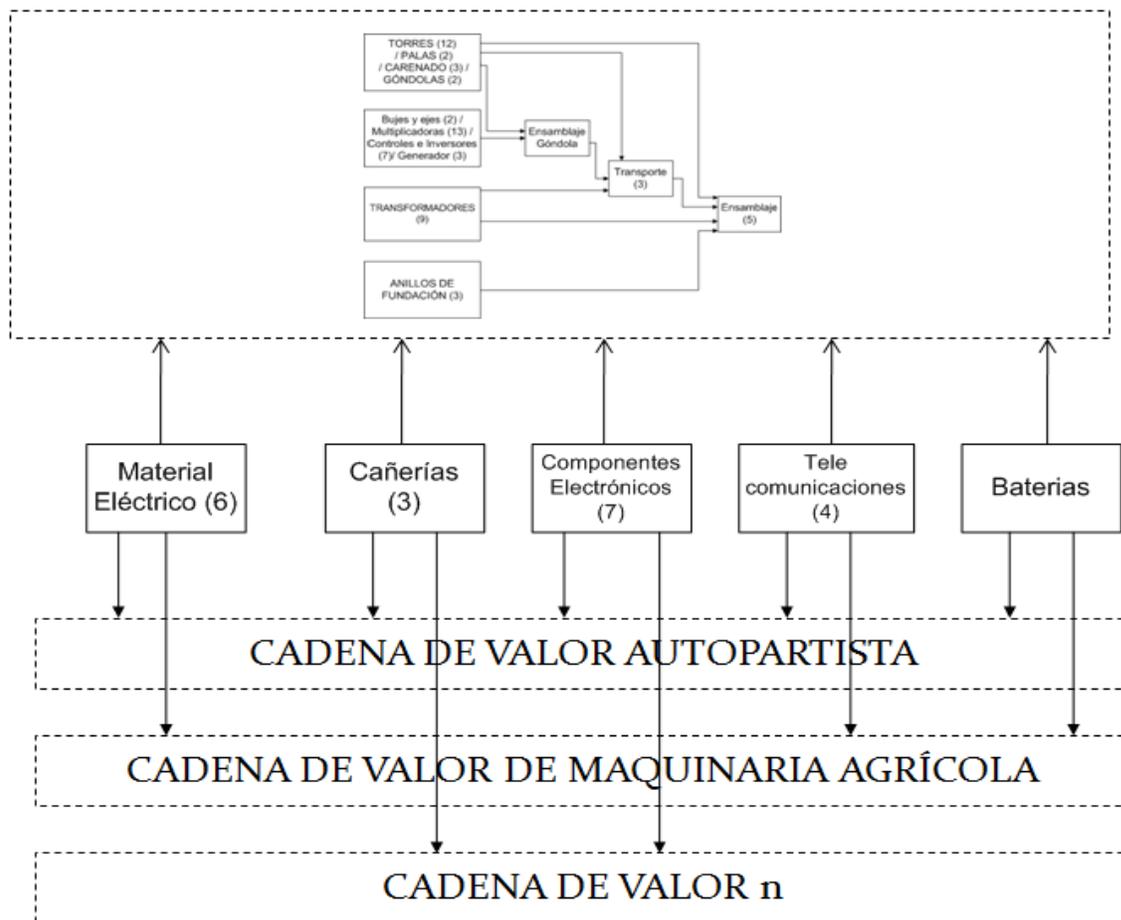


Gráfico 4: Malla de cadenas de valor de las empresas del clúster eólico santafesino

Fuente: elaboración propia

El análisis de la segunda componente identificada como el desarrollo de la innovación, ésta se realiza en forma cerrada con equipos propios de cada empresa con nula participación de actores externos a la organización y está principalmente orientada a introducir innovación en procesos, productos y/o gestión de recursos en su organización. Surge como segunda recomendación la necesidad de promover la innovación abierta mejorando la integración de equipos de innovación del sistema universitario con los equipos de innovación organizacionales. Por último, el análisis de la tercera componente identificada como cooperación, halla que el 80% de las empresas relevadas del clúster santafesino están afiliadas a alguna cámara empresarial (E.1.1). En relación con la participación conjunta con otras organizaciones solo realizan acciones aisladas en eventos relacionados con la venta de la producción y compra de insumos (E.1.2). Sin embargo, todas concuerdan que principalmente la participación conjunta con otras organizaciones en programas asociativos orientados a mejorar el fortalecimiento de relaciones comerciales y la participación en ferias fortalecería en gran medida el desarrollo de su cadena de valor. Surge como tercera recomendación la oportunidad para la UTN de liderar la integración del clúster a través de la realización de acciones de planeamiento regional, la promoción de los parques industriales y el desarrollo de distritos industriales o proyectos territoriales [43, 44].

En términos del segundo motor de cambio para el desarrollo de la cadena de valor – Calidad del Producto - todas las empresas relevadas tienen implementado Sistemas de Gestión Normalizados y poseen diversos procesos certificados o en vía de certificación así como el dominio de diversas herramientas de calidad. Esta práctica se traslada a los proveedores lo que favorece la

implementación de mejoras en la línea de producción como *Just in Time* o *Lean Production*. Como cuarta recomendación, surge una oportunidad para el sector universitario para promover la mayor capacitación en el dominio de herramientas de la calidad para su aplicación en los procesos propios y en el desarrollo de los proveedores por parte de las empresas del clúster eólico santafesino utilizando Crédito Fiscal de modo de lograr una mayor productividad.

Al analizar el tercer motor de cambio para el desarrollo de la cadena de valor - Eficiencia del Sistema - , se halla que en términos de la componente Competitividad las empresas relevadas muestran una fuerte orientación a la mejora en términos de la reducción de costos y el mejoramiento de la capacidad comercial. La inversión promedio del 12% del total de ventas en mejora continua resulta en una maquinaria de producción considerada entre antigua y de punta. Como dato significativo, el 20% identifica el principal capital como el Recurso Humano. En relación con la componente Recursos Humanos, la estructura predominante es la pirámide organizacional ancha con un valor promedio del 64% de personal en puestos de operarios y un 44% del personal tiene primario incompleto. Este tipo de estructura dificulta la transformación en “organizaciones que aprenden” basadas en el conocimiento que generen productos y servicios tecnológicos de alto valor agregado. Como quinta recomendación, surge una oportunidad para las Unidades de Vinculación Tecnológicas de mejorar el vínculo Universidad – Empresas al mejorar la difusión de los Programas de Desarrollo Sectorial; los programas de terminalidad educativa y los programas de Certificación de Oficios.

Finalmente, en términos del cuarto motor de cambio para el desarrollo de la cadena de valor – Entorno empresarial – se halla que solo el 60% de las empresas relevadas del clúster santafesino tiene conocimiento de Políticas de Apoyo Sectorial y principalmente a nivel nacional desconociendo acciones a nivel provincial y/o local (D.2.4); y todas las empresas reportan restricciones principalmente de tipo financiero para acceder a equipamiento e infraestructura (D.2.2). Como sexta recomendación surge la oportunidad de promover acciones de cooperación desde el gobierno local, las organizaciones empresariales y el sistema universitario en forma conjunta utilizando como fuentes de financiamiento las convocatorias de la Secretaría de Políticas Universitarias.

En el otro eje de este estudio, se sitúa el relevamiento de dos Motores de Desarrollo del Sistema de Mercado: 1) Infraestructura y Servicios Conexos y 2) Oferta de Personal con Competencias Demandadas. Como principal conclusión de este eje puede enunciarse la presencia en gran medida de problemas relacionados con los elevados costos de transporte y el deficiente estado de la infraestructura vial. De igual forma identifican como problemas presentes en cierta medida la baja disponibilidad de vehículos y la falta de programación en la propia empresa (E.2.13). Como séptima recomendación, surge la necesidad de difundir la aplicación de programación lineal y las herramientas de diseño de redes de distribución logística. De igual forma, todas las empresas hallan un alto grado de dificultad para la contratación de personal universitario (C.2.4), por lo que la cobertura de los puestos de trabajo asociados con dichas calificaciones se realiza con dificultad (C.2.5). Como octava y última recomendación surge una oportunidad para las Direcciones de Graduados de mejorar el vínculo Universidad – Empresas al facilitar el contacto entre los egresados de ingeniería y las empresas del clúster eólico santafesino.

El gráfico 5 muestra la valoración cuantitativa del grado de desarrollo de los Motores de desarrollo de la cadena de valor (Eficiencia del sistema; Calidad el producto; Diferenciación del producto; Normas sociales y medioambientales y Entorno Empresarial) y del desarrollo de los Motores de Desarrollo de Sistemas de Mercado en una representación cartesiana. Dado que las inversiones en infraestructura y formación de recursos humanos así como las modificaciones de las políticas arancelarias son de mediano y largo plazo, la mejor opción es promover la realización de las recomendaciones orientadas a mejorar los Motores de Desarrollo de la Cadena Local en forma conjunta con una mejora en el Sistema de Mercado al profundizar la difusión de los Programas de Desarrollo Sectorial (R3) y el desarrollo de acciones conjuntas estado – Universidad – Cluster accediendo a convocatorias de la SPU (R6) de modo de liderar desde la UTN la integración del cluster (R5); ampliar la oferta de extensión para facilitar la capacitación de los proveedores en las herramientas de calidad (R4), la formación de RRHH en logística (R7) y el desarrollo de operarios calificados a través de la Certificación de Oficios (R5) y facilitar el contacto entre los egresados de ingeniería y las empresas (R8). Esto lograría desplazar en el mediano plazo las empresas integrantes del clúster eólico santafesino a una región de Alto desarrollo en un sistema de mercado favorable.

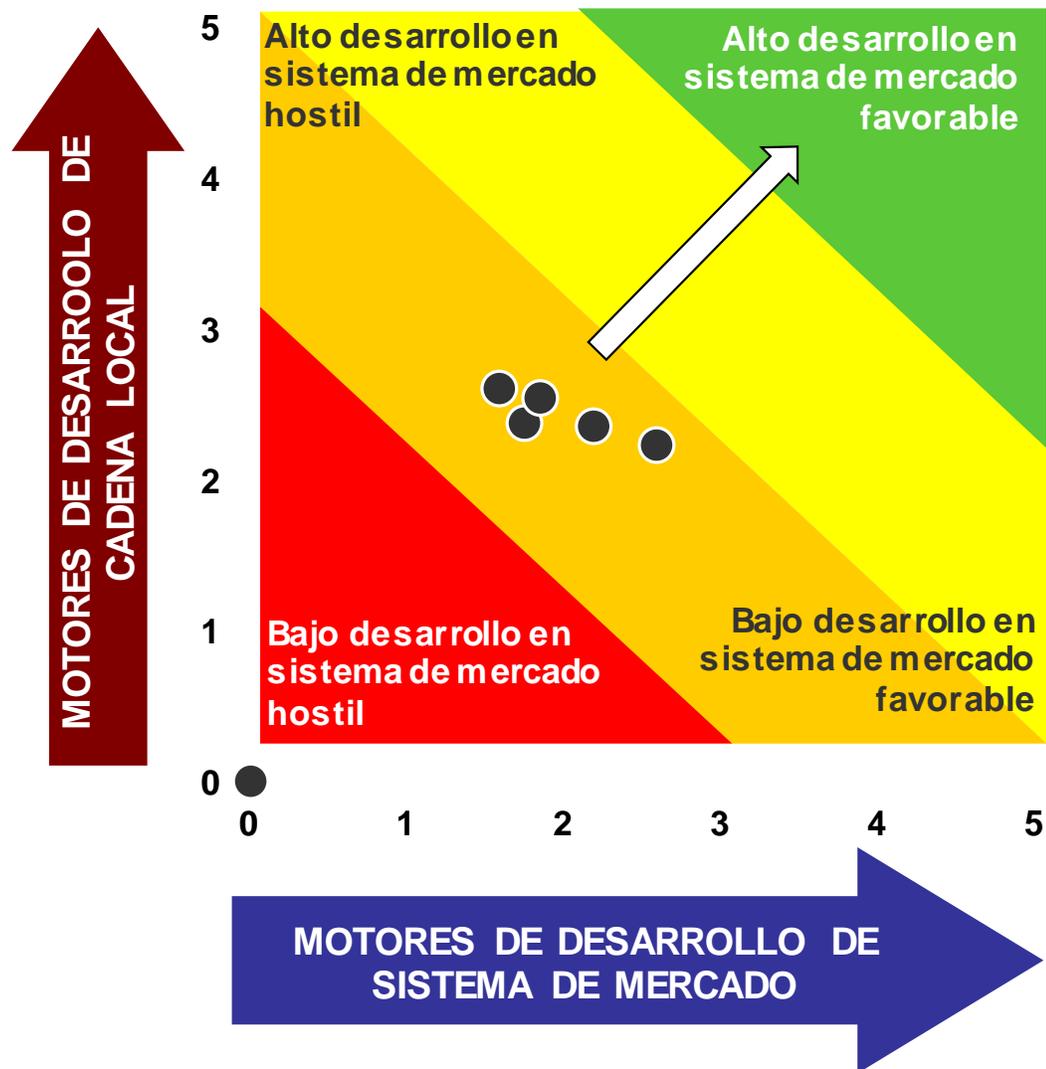


Gráfico 5: Posición matricial del grado de desarrollo de la cadena de valor de las empresas del cluster eólico santafesino

4. REFERENCIAS

1. Greenwood, J., *The Third Industrial Revolution: Technology, Productivity, and Income Inequality*. Business & Economics. 1997: American Enterprise Institute.
2. International Energy Agency, *2015 Key World Energy Statistics*. 2016, International Energy Agency: Paris Cedex 15, France. p. 81.
3. Gómez Gómez, D.L., *La inclusión de las energías renovables en las matrices energéticas e instrumentos para el logro de un desarrollo sustentable*, in *Eólica Argentina 2013*. 2012: Buenos Aires, Argentina.
4. International Energy Agency, *Energy and Climate Change*, in *2015 World Energy Outlook Special Report 2016*, International Energy Agency: Paris Cedex 15, France p. 200
5. World Energy Council, *World Energy Scenarios. Composing energy futures to 2050*. 2013, World Energy Council London W1B 5LT - United Kingdom. p. 284.
6. Appavou, F., et al., *Renewables 2016 Global Status Report*, Janet L. Sawin, K. Seyboth, and F. Sverrisson, Editors. 2016, RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY (REN21): Paris. p. 272.

7. UNCTAD secretariat, *The future energy matrix and renewable energy: implications for energy and food security*. in *2010 United Nations Conference on Trade and Development*. 2010: Geneva. p. 18.
8. International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Power Generation Costs in 2014*, M. Taylor, et al., Editors. 2015, International Renewable Energy Agency (IRENA): Bonn, Germany. p. 164.
9. Goldemberg, J. and L.T. Siqueira Prado, *The “decarbonization” of the world’s energy matrix - Article in 38(7)*: - Energy Policy, 2010. **38(7)**: p. 3274-3276.
10. Barbosa, R., *MATRIZ ENERGÉTICA SUSTENTABLE ¿QUE IMPLICA?*, in *Eólica Argentina 2013*. 2012: Buenos Aires, Argentina.
11. Ministerio de Energía y Minería, *Flujograma Energético 2014. Rev C (Provisorio)*, in *Balances 2015*. 2015, Ministerio de Energía y Minería. p. 1.
12. Dagna, C.A. *MATRIZ ENERGÉTICA ARGENTINA: ¿QUÉ SE DEBE HACER?*. 2014 08-Dec-2014 [cited 2016 03/03/2016]; Available from: <http://www.cartafinanciera.com/commodities/matriz-energetica-argentina-que-se-debe-hacer/>.
13. Dávalos, V.O., *Matriz Energética en América Latina y el Caribe, Situación Actual y Perspectivas de la Energías Renovables*, in *XXXIII CONVENCION PANAMERICANA DE INGENIERIAS UPADI 2012*. 2012: Palacio de Convenciones, La Habana, Cuba.
14. British Petroleum (BP), *BP Statistical Review of World Energy*. 2016, British Petroleum (BP).: London, UK. p. 48.
15. U.S. Department of Energy, *Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: Argentina*, in *Independent Statistics & Analysis*. 2015, U.S. Department of Energy: Washington, DC. p. 37.
16. REIG, P., T. LUO, and J.N. PROCTOR, *GLOBAL SHALE GAS DEVELOPMENT. Water Availability and Business Risks*. 2014, World Resources Institute: WASHINGTON, DC p. 88.
17. Garcés, P., *Energía Sostenible –Perspectiva Regional: Centroamérica –América Latina y El Caribe*, in *Seminario Regional de Capacitación para América Central (SICA)*. 2013, International Energy Agency: San José, COSTA RICA.
18. Ministerio de Energía y Minería, *BALANCE ENERGÉTICO NACIONAL AÑO 2014 - REVISIÓN B - PROVISORIO*, in *Balances Energéticos*. 2015, Ministerio de Energía y Minería.
19. Corporación Andina de Fomento (CAF), *Energía: una visión sobre los retos y oportunidades en América Latina y el Caribe* in *Informe energético sectorial*, C.A.d.F. (CAF), Editor. 2013, Corporación Andina de Fomento (CAF). p. 88.
20. Bravo, V., *Panorama de la energía en Argentina 2015*, in *Documento de Trabajo*. 2015, Fundación Bariloche - Departamento de Economía Energética. p. 45.
21. Gómez, J.J., *Energía y cambio climático en América Latina*, in *IV SIMPOSIO INTERNACIONAL DE FUNSEAM. El sector energético frente a los retos de 2030*. 2016: Barcelona.
22. Lanosa, W., *Energía Eólica. La mejor respuesta para transformar la matriz energética Argentina*, in *Eólica Argentina 2013*. 2012: Buenos Aires, Argentina.
23. Calsiano, A.H., *Una Matriz Energética con más Renovables. El Desafío Argentino.*, in *Eólica Argentina 2013*. 2012: Buenos Aires, Argentina.
24. Apud, E., et al. *LA ENERGÍA EN LA ARGENTINA: LOS DESAFÍOS POLÍTICOS, TÉCNICOS Y ECONÓMICOS 2016-2019*. 2015 8 de junio de 2015 [cited 2016 03/03/2016]; Available from: <http://www.pregonagropecuario.com/cat.php?txt=6605>.
25. Garcia, N. and A. Eisenstein, *Crecimiento y Uso Eficiente de la Energía. Diagnóstico y Oportunidades para la Argentina*. 2015, Business Intelligence de KPMG de Argentina: Buenos Aires. p. 12.
26. Fondo Monetario Internacional (IMF), *ARGENTINA. EVOLUCIÓN ECONÓMICA*, in *Informe País del FMI No. 2016*, Fondo Monetario Internacional: Washington, D.C. p. 38.
27. Yepez-García, R.A., T.M. Johnson, and L.A. Andrés, *Meeting the electricity supply/demand balance in Latin America & the Caribbean*. 2010, The World Bank: Washington, DC. p. 144.
28. Sbrojavacca, N.D. and F. Lallana. *Modelización Energética*. 2011 n.d. [cited 2016 29/06/2016]; Available from: http://www.climagua.org.ar/?page_id=17.
29. Cañadas, V. and S.J. Mariani, *Proyección de la Demanda Energética para el Período 2004-2030 en Argentina Empleado el Modelo MAED*, in *Boletín Energético 2008*, Comisión Nacional de Energía Atómica: San Martín, Provincia de Buenos Aires. p. 19.

30. World Wide Fund For Nature (WWF), *EL INFORME DE LA ENERGÍA RENOVABLE. 100% de Energía Renovable para el año 2050.*, S. Singer and J.-P. Denruyter, Editors. 2011, WWF International: Gland, Suiza. p. 270.
31. Gigli, M.S., *Balace energético provincial de Santa Fe*, in *LA ENERGÍA EN LA PROVINCIA DE SANTA FE. Un análisis estructural de las fortalezas y debilidades*, M.S. Gigli and O.T. Bonino, Editors. 2007, Colegio de Graduados en Ciencias Económicas, Consejo Profesional de Ciencias Económicas Cámara II & Fundación de Banco Municipal de Rosario: Santa Fe. p. 34 - 68.
32. Bleger, D., *El problema energético: las energías renovables en la provincia de Santa Fe*, in *XXVII Seminario Nacional de Presupuesto Público*. 2013, Asociación Argentina de Presupuesto y Administración Financiera Pública (ASAP) & Gobierno de la Provincia de Santa Fe: Santa Fe, provincia de Santa Fe.
33. Bonfatti, A. and R. Galassi, *Plan Estratégico Provincial Santa Fe. Visión 2030*. 1a ed. 2012, Santa Fe: Ministerio de Gobierno y Reforma del Estado de la Provincia de Santa Fe. 500.
34. Universidad Nacional del Litoral. *Radiación solar: Santa Fe posee buenos recursos*. Red solarimétrica 2015 Miércoles 11 de noviembre de 2015 [cited 2016 26/06/2016]; Available from: http://www.unl.edu.ar/noticias/news/view/radiaci%C3%B3n_solar_santa_fe_posee_buenos_re_cursos#.V2_hzdLhCUk.
35. Gubinelli, G. *Santa Fe tendrá listo su primer parque solar antes que finalice el primer trimestre*. 2016 05 de enero de 2016 [cited 2016 26/06/2016]; Available from: <http://www.energiaestrategica.com/santa-fe-tendra-listo-su-primer-parque-solar-antes-que-finalice-el-primer-trimestre/>.
36. TELAM, *Santa Fe mide la intensidad de los vientos para producir energía eólica*, in *Infobae*. 2012, Diario Clarin.
37. Fenés, G. *Un parque eólico que podría abrir una nueva etapa para la energía renovable en Argentina*. 2014 16 de octubre de 2014 [cited 2016 26/06/2016]; Available from: <http://www.energiaestrategica.com/un-parque-eolico-que-podria-abrir-una-nueva-etapa-para-la-energia-renovable-en-argentina/>.
38. La Capital, *Rufino tendrá el primer parque eólico de alta potencia de Santa Fe*, in *La Capital*. 2015.
39. Herr, M.L. and T.J. Muzira, *Desarrollo de cadenas de valor para el trabajo decente: Una guía para profesionales del ámbito del desarrollo, funcionarios gubernamentales y responsables de iniciativas del sector privado*. 1ra ed. 2011, Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo. 252.
40. Anzoise, E., et al. *Análisis preliminar de la cadena de valor del Cluster Eólico Argentino. El caso de la Región Patagónica*. in *1er. Encuentro Patagónico de Gestores Tecnológicos*. 2015. Puerto Madryn, Chubut, Argentina: EDUTECNE.
41. Fabrizio, R., *Capacidad manufacturera y desarrollo de la cadena de valor*, in *Eólica Argentina 2013*. 2012: Buenos Aires, Argentina.
42. Jadur, I.E., *Energía Limpia: Oportunidad de Desarrollo Sustentable*, in *Eólica Argentina 2013*. 2012: Buenos Aires, Argentina.
43. Albuquerque, F., *CLUSTERS, TERRITORIO Y DESARROLLO EMPRESARIAL: DIFERENTES MODELOS DE ORGANIZACIÓN PRODUCTIVA* in *Cuarto Taller de la Red de Proyectos de Integración Productiva*. 2006, Fondo Multilateral de Inversiones (MIF/FOMIN) - Banco Interamericano de Desarrollo San José, Costa Rica.
44. San Román Muñoz, G., *Estrategias para la Instrumentación y Desarrollo de Clusters Espacios*, 2004. **25**(1).

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean agradecer a las empresas del Clúster Eólico Argentino ubicados en la provincia de Santa Fe por la colaboración brindada para poder acceder a los datos de la cadena de valor del aerogenerador de media y alta potencia. De igual forma agradecen a la Cámara de Industriales de Proyectos de Ingeniería de Bienes de Capital de la República Argentina (CIPIBIC) y al Grupo Polo Tecnológico Rosario por el aval brindado y la colaboración prestada para la realización de ese estudio. Finalmente nuestro agradecimiento al financiamiento provisto por la Secretaría de Políticas Universitarias en la 18° Convocatoria Proyectos de Vinculación Tecnológica "Capacidades Científico Tecnológicas Universitarias para el Desarrollo Energético" Ingeniero Enrique Mosconi sin el cual este relevamiento no hubiera podido realizarse.



UTN  bhi



VI Seminario Nacional de Energía y su Uso Eficiente

Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional
Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado. Universidad Tecnológica Nacional

PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA EN ORGANIZACIONES

D'Angona, Pablo A.¹, López, Jorge R.¹, D'Andrea, María Cecilia¹, Casterás, Leonardo¹, Candia, Daniel¹, Orsini Medina, Facundo¹, Daneri, Damián¹, Bregante, Gabriel¹, Tiberi, Darío¹, Zilber, Gustavo¹, Quevedo, Marcelo¹, Cohendoz, Lisandro¹

¹Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.
Avda. Medrano 951, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
pdangona@frba.utn.edu.ar

Resumen – Proyecto de investigación y desarrollo ejecutado por la U.T.N Facultad Regional Buenos Aires, asociada a la Red Tecnológica Nacional sobre Eficiencia Energética, la RED se encuentra coordinada e integrada por la U.T.N Facultad Regional General Pacheco, conglomerando además a otras seis facultades regionales. El proyecto tiene su fundamento en la norma internacional "IRAM-ISO 50001:2011 Sistema de Gestión de la Energía- Requisitos con orientación para su uso", y busca definir los procedimientos técnicos, adoptar nuevos conocimientos del tema, establecer las herramientas requeridas por las organizaciones para la implementación de un sistema de gestión energética eficiente y fijar los estándares de consumos que permitan realizar, además, una calificación y comparación entre organizaciones de igual o distinto rubro. El proyecto busca obtener múltiples beneficios en el orden nacional, social, ambiental y de conocimiento técnico y científico.

Palabras claves - eficiencia energética, calidad, ISO 50001, calificación energética, competitividad.

DESARROLLO

Los productos, materiales y sistemas utilizados por la sociedad moderna tienen necesariamente asociado un índice de consumo energético; existe una cadena de transformaciones por el cual una ó varias Organizaciones han debido interceder consumiendo distintos tipos de energía para intervenir en el proceso de fabricación ó transformación de un bien de uso o bien requerido para los elementos que permiten la prestación de un servicio.

Es por ello que a las energías consumidas por una Organización se les debe dar el tratamiento de un insumo mas dentro de la cadena de consumibles y, por tratarse de un insumo, se le debe controlar, administrar y gestionar su cantidad, calidad y precio.

Basado en este hecho, el presente Proyecto de Investigación y Desarrollo persigue determinar el modo en que se consume la energía dentro de una Organización estableciendo los mecanismos para realizar el relevamiento de parámetros energéticos, el registro y toma de datos, el análisis de la metodología de operación de procesos, la búsqueda de oportunidades de mejora y, a través del desarrollo técnico y el diseño documental, establecer los pasos necesarios para maximizar la eficiencia energética.

La realidad acusa que el precio de la energía en dos de sus formas que más podrían impactar por su grado de consumo dentro del desarrollo de actividades, el gas y la energía eléctrica, representan factores claves de incidencia en el grado de competitividad en una Organización.



Los usos y consumos de energía que realizan las Organizaciones deben ser auditados, fijando los procedimientos de evaluación y desde esa base calificarlos dentro de un estándar energético que permita establecer las acciones a tomar para elevar el grado de eficiencia energética.

La calificación energética de una Organización, permitirá establecer un parámetro mensurable de comparación dando incentivo a la misma a elevar el grado de eficiencia energética mediante la reducción de la brecha de consumos, brindará incentivos de competitividad y promoverá el desarrollo de nuevas herramientas o modificación de procesos productivos puesto que será un elemento de comparación energética entre Organizaciones ya sean similares o no.

El suministro sustentable y competitivo de energía es uno de los pocos insumos realmente esenciales para el desarrollo de las sociedades modernas. Lo utilizamos diariamente para desplazarnos, iluminar, climatizar, mecanizar productos, transformar bienes, realizar procesos y generar confort entre otras cosas. Está presente en cada uno de los elementos que permiten a una sociedad desarrollarse y por ende, cada uno de los elementos de manera individual o conjunta tiene asociado un gasto energético.

Energía es la capacidad de desarrollar un trabajo y, para que esa capacidad se concrete, siempre es necesario una transformación; mientras más eficiente sea esa transformación menor será el índice de consumo energético asociado a la producción de bienes o prestación de servicios.

Los motores de las economías regionales y nacionales, que conforman un desarrollo social, siempre han sido las Organizaciones, particularmente las pequeñas y medianas empresas concentrando la atención de las políticas públicas nacionales, lo que ha permitido llevar a las mismas a una mejor situación. Este desarrollo está íntimamente ligado a la competitividad, mientras menor sea el gasto energético para la transformación de un bien o la prestación de un servicio, más competitiva será la Organización.

Sin embargo, la competitividad no es un estado empresarial al cual se llega, sino que es la continua búsqueda de mejorar el desempeño en todas las áreas que integran. El ser competitivo hoy, no garantiza la competitividad mañana. No se es competitivo de una vez y para siempre, se debe estar construyendo y su búsqueda debe ser en forma permanente.

La energía en todas sus formas recibe tratamiento de insumo para las Empresas y Organizaciones al cual se le debe controlar cantidad y calidad, es un insumo igual para todos ya que se adquiere a un mismo valor, su precio no puede negociarse y su sustitución termina siendo generalmente más onerosa, por lo tanto quedan dos caminos, transferirla directamente a los costos del producto o servicio perdiendo competitividad o gestionar su consumo y su uso, en esta última forma es que este insumo se convierte en una variable competitiva, a través de "La Gestión Energética".

Es justamente en este punto "La Gestión Energética" en el que este Proyecto de Investigación creado desde la Universidad Pública y Nacional pretende aportar herramientas, por tal motivo es papel fundamental de la el brindar apoyo y sustentar desarrollos que permitan mejorar su nivel de competitividad a nivel regional, nacional e internacional.

La participación en el Proyecto de investigadores docentes y alumnos especialistas y en formación de la Carrera de Grado de Ingeniería Eléctrica y Posgrado de Maestría en Ingeniería en Calidad de la UTN Facultad Regional Buenos Aires en la confección de un Instructivo permitirá a las Organizaciones establecer, implementar, mantener y mejorar un Sistema de Gestión de la energía con el propósito de contar con un enfoque sistemático para alcanzar una mejora continua en su desempeño energético, lograr un mejor aprovechamiento en el uso y consumo de energía, establecer mecanismos de eficiencia energética, controlar los costos financieros asociados, incentivar a la implementación de fuentes renovables y limitar la emisión de gases de efecto invernadero.

El Proyecto aborda como base la norma IRAM / ISO 50001:2011 "Sistema de Gestión de la Energía- Requisitos con orientación para su uso" y toda documentación que sirva como guía de referencia para la Gestión de la Energía en las Organizaciones, y si bien esta norma y sus guías



son de alcance internacional, también se toma referencia del estado del arte en otros países, para confrontar esos conocimientos con la experiencia en nuestro país y el desarrollo de este trabajo.

Asimismo los datos elaborados por el Proyecto de Investigación y Desarrollo son aportados a una base de datos común que contemplará además los desarrollos individuales de los Proyectos de las Facultades Regionales de la UTN intervinientes.

Si bien el Proyecto de Investigación y Desarrollo fija sus bases y adquiere criterios de la Norma ISO 50001:2011 “Sistema de Gestión de la Energía- Requisitos con orientación para su uso” no persigue como fin primario que la Organización obtenga la Certificación sino que mediante tres instancias fundamentales: La Revisión, la Evaluación y la Calificación energética descritas en un “Instructivo para el diseño documental de un sistema de gestión de energía en Organizaciones” la misma pueda elevar su índice de competitividad mediante la implementación de un sistema de Gestión energética .

Basándonos sobre los requisitos medulares de la Norma y en función de ello se establece la metodología de Revisión energética, luego se brindan las herramientas técnicas mediante Procedimientos de evaluación y, en función de lo anterior, se califica energéticamente a la Organización con un elemento gráfico numérico representativo que permita fijar objetivos de auto comparación y a su vez de comparación contra Organizaciones sean similares o no en la tipología de consumo. Desarrollamos a continuación la esencia de cada uno de los mismos:

La Revisión energética es un proceso de desarrollo y análisis del perfil energético de la organización que soporta la planificación energética. Se centra en reunir los consumos de energía provenientes de las diferentes fuentes y analizarlos desde el punto de vista técnico, documental, legal y económico para comprender, en base a estos datos, si está funcionando adecuadamente y en qué áreas del proceso se concentra el uso significativo. El resultado de la revisión energética es información crítica para definir la línea base, los indicadores de desempeño energético, objetivos, metas y plan de acción.

La Revisión energética contempla además, mediante la realización de auditorías, el estudio actual de los consumos energéticos de la Organización ya sean contratados como un servicio público (gas y electricidad) como así también los adquiridos por otro tipo de contratación como el caso de combustibles líquidos. Analiza los procesos productivos centrándose en los equipos que representan el mayor consumo energético, detectando los posibles puntos de reducción y definiendo el desarrollo de las propuestas de mejora.

Dentro de la Revisión energética se plantea también el análisis de las propuestas de mejora cuyos objetivos son la reducción del consumo energético y el costo asociado a dicho consumo, la diversificación del consumo hacia otras fuentes de energía que supongan una reducción de consumo de energía primaria, el aumento de eficiencia por adecuación ó implementación de mejoras tecnológicas y mejoras en la generación de energía alternativa a la red. El desarrollo de las mejoras debe describir el estado de situación actual, el concepto de mejoras, la descripción de la situación futura, la economía energética prevista y la alcanzada, el cálculo y verificación como así también los indicadores de variables ambientales y factores económicos.

Los Procedimientos de Evaluación energética definen la metodología de análisis de todas las variables que tengan incidencia sobre las instancias que representen un aumento en la eficiencia energética.

Realizada la Evaluación energética se relaciona cada uno de los puntos establecidos en dichos Procedimientos asignando un índice de referencia y comprando éstos con una base de datos global para detectar apartamientos respecto de un estándar técnico.

El estándar técnico queda definido por el Calificador energético, el cual, parametriza numéricamente los datos analizados, relevados y procesados estableciendo un índice global para la Organización.



La Calificación conforma un elemento de comparación interno de la Organización para elevar su nivel de eficiencia energética, asimismo permite establecer comparaciones entre consumos de otras Organizaciones analizadas con el objetivo de aumentar los índices de competitividad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El “Instructivo para el diseño documental de un sistema de gestión de energía en Organizaciones” en desarrollo por el Proyecto de Investigación contempla en los Procedimientos de Evaluación, en el área eléctrica, lo siguiente:

- Se analiza la instalación eléctrica y las modificaciones existentes de la distribución de trazas de conductores de manera tal de que las condiciones topográficas sean óptimas analizando las desviaciones respecto de los baricentros de carga.
- Se verifica el proyecto eléctrico y el esquema unifilar de red realizando una revisión teórica de la distribución de cargas, el listado con el detalle de máquinas y/o procesos y se evaluarán las diferencias entre la instancia de proyecto y las modificaciones implementadas en la instalación. Se contempla en este ítem el sistema de montaje y el equipamiento de maniobra y protección.
- Se procesan los datos de la facturación de el o los proveedores de energía eléctrica a los efectos de determinar los períodos estacionales de consumo, factores de utilización globales y por tramo horario. Este índice representa una noción del aprovechamiento energético respecto de la máxima potencia demanda como así también la detección de picos de demanda evitables.

$$FUGlobal [\%] = \frac{Energia\ Total\ [kWh]}{Potencia\ [kW] \cdot 24[hs] \cdot periodo[dias]} \quad (1)$$

$$FU\ Tr[\%] = \frac{Energia\ por\ tramo\ [kWh]}{Potencia\ [kW] \cdot tramo\ horario[hs] \cdot periodo[dias]} \quad (2)$$

- Se realiza una correlación entre los eventos de consumo mensuales, las variables de producción ó eventos específicos estacionales de la Organización.
- Se determina el valor monómico abonado global y por tramo horario definiendo el costo unitario por unidad de energía consumida detectando apartamientos ó puntos óptimos de operación.

$$Monómico\ mensual\ [\frac{\$}{kWh}] = \frac{Importe\ abonado\ [\$]}{Energía\ mensual\ [kWh]} \quad (3)$$

- Se establece el Indicador Energético adoptado durante la Revisión energética ratificando ó rectificando al mismo.
- Se establece una relación entre la Potencia contratada y la máxima demandada para cada periodo de facturación por parte del proveedor de energía eléctrica.
- Se realiza una medición y registro de variables eléctricas con instrumentos homologados y aptos para tal fin durante periodos determinados sobre el o los alimentadores principales, los representativos y aquellos que se relacionen directamente con el Indicador energético.
- Se registran las corrientes por fase y para detectar desbalances de cargas determinando las posibles adecuaciones de cargas monofásicas tendientes a equilibrar el sistema (Fig. 1); para un análisis más preciso con los datos relevados se realiza la descomposición vectorial en componente directa, inversa y homopolar. Se verifica la capacidad de carga de los conductores asociados.

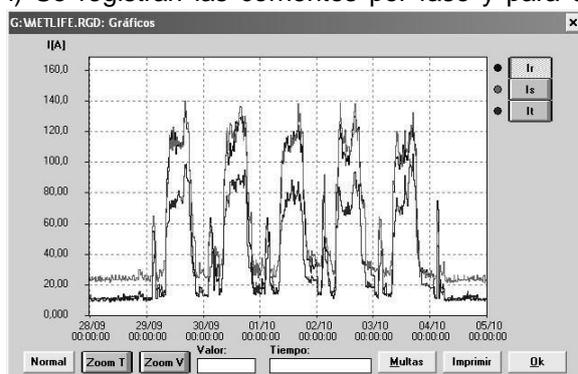


Fig. 1: corrientes por fase

$$Desv I[\%] = \frac{Ix [A]}{Promedio (I_r, I_s, I_t) [A]} \quad (4)$$

j) Se registra la corriente de neutro y se relacionará con el registro de desbalance de corrientes por fase verificando la sección del conductor de neutro (Fig. 2).

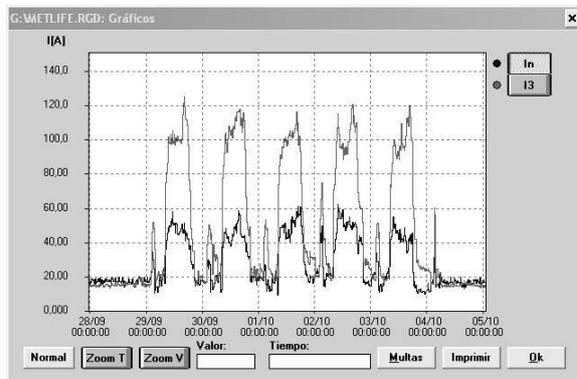


Fig. 2: corriente trifásica-corriente neutro

$$In[\%] = \frac{In [A]}{I3 [A]} \quad (5)$$

k) Se registran las tensiones de fase y de línea para garantizar el normal abastecimiento de los consumos terminales de la instalación; se busca correlación entre desbalance de tensiones (Fig.3) y las variaciones potencia trifásica.

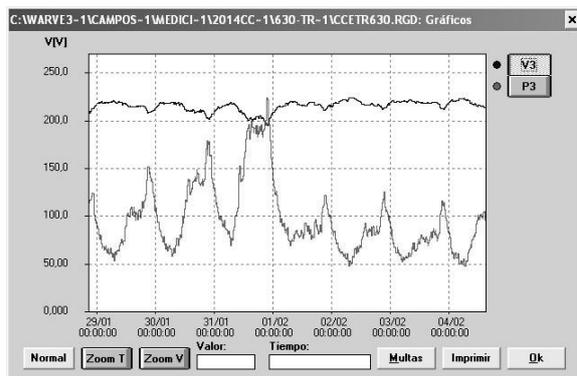
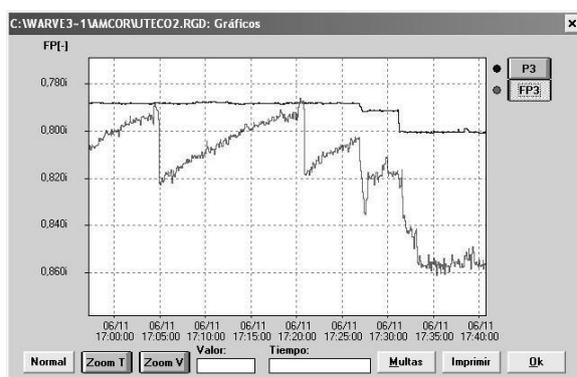


Fig. 3: tensión trifásica-potencia activa



l) Se registra el Factor de potencia (Fig.4) monofásico y trifásico y su correlación con los distintos estados de carga de la instalación verificando la correcta operación de los compensadores de reactiva tanto en el punto de abastecimiento como así también en los puntos terminales de los alimentadores analizados.

Fig. 4: factor de potencia

m) Se registran las potencias activas (Fig.5), reactivas y aparentes monofásicas y trifásicas verificando el diseño de conductores particularmente para consumos de carga reactiva variable.

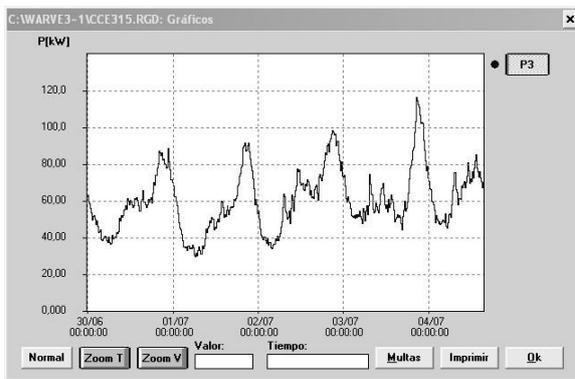


Fig. 5: potencia activa

n) Se registra la distorsión armónica en corrientes monofásicas y de neutro determinando el grado de distorsión total del alimentador evaluado y proyectando el nivel de pérdida de los conductores.

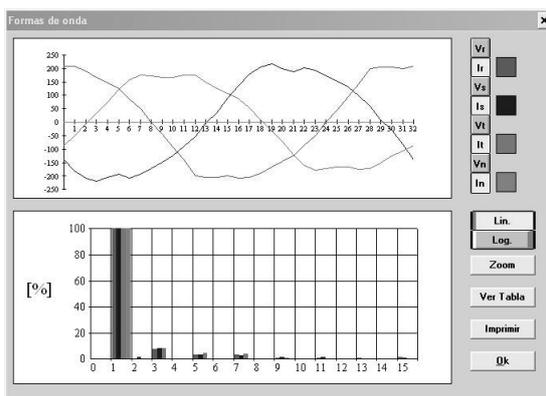


Fig. 6: distorsión armónica

ñ) Se registra la distorsión armónica en tensiones de fase y de línea, el grado de distorsión total y su relación con la distorsión de corrientes.

o) Se releva térmicamente al equipamiento de transformación, maniobra y protección de la instalación mediante estudios de termografía infrarroja (Fig.7) a los efectos de determinar puntos de pérdidas de energía derivados de conexiones sin presión adecuada, carbonizaciones de contactos, secciones ó calibres acotados, equipamiento ineficiente ó anomalías de operación. De ser necesario se aplica esta técnica para determinar calentamiento por fallas en la aislación y/o vibraciones.

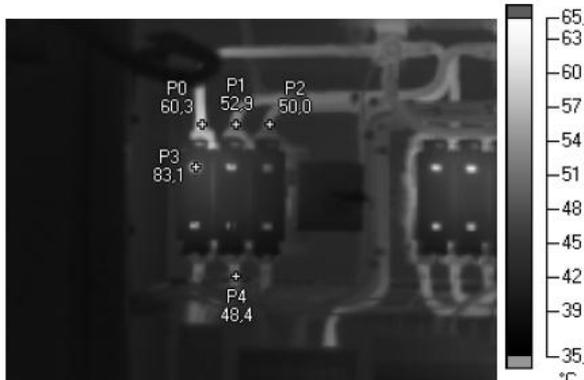


Fig.7: termografía infrarroja

Los Procedimientos de Evaluación contemplan para el otro de los insumos energéticos relevantes, el gas, lo siguiente:

- p) Se analiza la instalación y las modificaciones existentes de la distribución de trazas de conductos de manera tal de que las condiciones topográficas sean óptimas para el tipo de fluido a transportar (Gas Natural, Licuado ó Biogás)
- q) Se procesan los datos de la facturación del proveedor del fluido a los efectos de determinar los períodos estacionales de consumo.
- r) Se realiza una correlación entre los eventos de consumo mensuales, las variables de producción ó eventos específicos estacionales de la Organización.
- s) Se determina el valor monómico abonado global definiendo el costo unitario por unidad de energía consumida detectando apartamientos ó puntos óptimos de operación.

$$Valor\ mensual\left[\frac{\$}{kCal}\right] = \frac{Importe\ abonado\ [\$]}{Energía\ mensual\ [kCal]} \quad (6)$$

- t) Se establece el Indicador Energético adoptado durante la Revisión energética ratificando ó rectificando al mismo.
- u) Se realiza el análisis de humos mediante el índice de Wobbe para determinar la potencia calorífica del Gas en función de la densidad del aire de combustión. El análisis de humos contemplará además la composición con sus valores porcentuales de CO, CO₂, O₂, H₂ y N₂ los cuales deberán ser medidos con un analizador de gases aptos para tal fin
- v) Se evalúa el rendimiento de la combustión en relación a la cantidad de calor cedida por la combustión respecto de la cantidad de calor suministrada por el gas calculando de este modo el rendimiento porcentual de la operación térmica.

$$Rc[\%] = \frac{Calor\ Suministrado - Calor\ arrastrado\ por\ los\ humos}{Calor\ suministrado} = \frac{Q-q}{Q} \quad (7)$$

$$Rt[\%] = \frac{Qn}{Q} = Rc \times Rh \quad (8)$$

- w) Se monitorea al quemador para determinar la mezcla de aire-gas en función de la presión y temperatura.
- x) Se verifica la capacidad de aislación de los materiales refractarios determinando posibles focos de pérdidas en las instalaciones de transferencia de calor.



UTN  bhi



y) Se verifica el mantenimiento preventivo en la conservación de los recuperadores de calor, precalentamiento de aire de combustión y proporciones del Gas como así también el defecto en los sellos y cierres de puertas, grietas en paredes y déficit en tirajes.

CONCLUSIONES

A nivel nacional se vienen desarrollando y promocionando Programas de uso eficiente de energía en diversos aspectos, desde los establecidos para alumbrado público, semaforización, edificios públicos y hasta los de etiquetado energético de línea blanca de electrodomésticos. Es por ello que toma relevancia que un Proyecto de investigación y Desarrollo nacido de la Universidad Nacional Pública se oriente directamente a las Organizaciones de manera tal que a través de los Procedimientos de Evaluación y posterior Calificación energética puedan elevar su nivel de competitividad reduciendo costos a través de los insumos de gas y electricidad.

El impacto del Proyecto representa beneficios en diversos espectros. A nivel empresarial un menor costo de insumos para las Organizaciones, a nivel nacional un menor costo en importación de recursos energéticos, a nivel regional un mejor aprovechamiento de las redes de distribución de gas y electricidad, a nivel ambiental una menor emisión de gases de efecto invernadero derivados de la generación de energía eléctrica y producción de gas natural, a nivel social una concientización y un cambio de paradigma en el uso de recursos finitos y a nivel educativo la capacitación del grupo de Investigadores involucrados y la transferencia de conocimientos a las Cátedras de las diferentes Regionales de la UTN asociadas mediante los Proyectos individuales al Proyecto Integrador "Red Tecnológica Nacional sobre Eficiencia Energética"

REFERENCIAS

- Organización Internacional para la Estandarización (2011). Norma Internacional IRAM-ISO 50001:2011 Sistemas de Gestión de la Energía - Requisitos con orientación para su uso.
- AENOR (2007). Norma UNE 216301:2007 Sistemas de Gestión Energética. Requisitos. España
- AENOR (2009). Norma UNE 216501:2009 Requisitos de las Auditorías Energéticas. España
- Instituto de Prevención, Salud y Medio Ambiente y Asociación de Empresarios de Henares (Enero 2011. Guía Práctica para la implantación de Sistemas de Gestión Energética
- Enrique Beltrán Sánchez (Junio 2012). Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía (SGE).
- Sustainability & Climate Change. PwC México
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (Mayo 2010). Norma IRAM 11900 Etiqueta de Eficiencia Energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente. Argentina
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2005). Norma IRAM 62404-1 Etiquetado de Eficiencia Energética Obligatorio para Lámparas incandescentes. Argentina
- Secretaría de Energía (2008). Resolución 07/2008 Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía. Argentina
- Poder Ejecutivo Nacional (2007). Decreto PEN 140/2007 - PRONUREE Programa Nacional de Uso Racional y eficiente de la Energía. Argentina.

Área temática: Resultados de los grupos de investigación del Programa de Energía de la UTN



UTN  bhi



VI Seminario Nacional de Energía y su Uso Eficiente

Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional
Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado. Universidad Tecnológica Nacional

METODOLOGÍA PARA UN PROYECTO SOSTENIBLE DE ENERGÍA COMUNITARIA EN LA COMUNIDAD INDÍGENA AICO, COLOMBIA.

Rondón, Natalia¹, Bedoya, Juan², Quitora, Isaias³ Clara, Buriticá⁴

¹Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica.

110231588. Bogotá D.C., Colombia.

¹natha1212@hotmail.com

²jsbedoyaf@correo.udistrital.edu.co

³isaiasquitora@hotmail.com

⁴ciburiticaa@udistrital.edu.co

RESUMEN

El principal propósito de este trabajo es ofrecer una solución al elevado número de instituciones educativas sin energía eléctrica y principalmente, a la escuela de la comunidad indígena Aico, en donde no se cuenta con las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento. Se estima que en Iberoamérica hay cerca de 66.000 escuelas sin energía eléctrica y en Colombia son cerca de 4.400 que constituyen el 30% de las instituciones educativas oficiales del país y el 93% de ellas se encuentran ubicadas en zonas rurales [1]. La educación de las nuevas generaciones es el soporte del desarrollo social sostenible, de la calidad de vida, de la equidad y justicia social; de la protección del entorno natural, y de la conservación de las costumbres y tradiciones de la comunidad [2] [3].

Este es el caso que se presenta en la comunidad indígena Aico, ubicada en el departamento del Tolima, en la que habitan 52 familias que equivalen a 248 personas. En esta comunidad no se cuenta con servicios domiciliarios básicos: acueducto, alcantarillado, recolección basuras, telecomunicaciones y energía eléctrica. Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación es *desarrollar una metodología para un proyecto sostenible de energía renovable comunitaria*, que permita ser replicable y escalable en el tiempo, según el marco normativo y legal vigente. Se inicia el proyecto evaluando las necesidades de electricidad de la escuela y el recurso renovable de mayor potencial energético en la zona de estudio, a fin de diseñar un prototipo de generación más adecuado para las necesidades identificadas. Posteriormente, se evalúa el mejor procedimiento mediante el estudio del caso específico de la electrificación de la escuela de la comunidad indígena. Finalmente, se da un espacio al proceso de capacitación a la comunidad, a fin de garantizar que el prototipo de generación eléctrica propuesto sea sostenible en el largo plazo.

Palabras clave: Energía Renovable, Energía Comunitaria, Eficiencia Energética, Electrificación Rural y Desarrollo Sostenible.

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación surge a raíz de la notoria necesidad de acceso a energía eléctrica, y de reducir el impacto que, debido a su falta, tiene relación directa con la educación, salud y seguridad alimentaria. Se estima que hay cerca de 1.100 millones de personas sin electricidad a nivel mundial y unos 3.000 millones de personas que cocinan con combustibles contaminantes [4]. Evidentemente los países en vía de desarrollo contribuyen en gran medida con esta cifra, y para el caso de América Latina y el Caribe, se estima que aún existen 31 millones de personas sin energía eléctrica, de las cuales 26 millones de personas están ubicadas en zonas rurales [5]. En Colombia también existe un reto importante debido a que el 52% del territorio nacional pertenece a las ZNI (Zonas no Interconectadas), en la que habitan cerca de 1,3 millones de personas sin este servicio [6].

Según el panorama previamente presentado, es evidente que existe un gran reto para suplir de energía eléctrica a un gran número de seres humanos, además, la problemática ahonda aún más cuando estas limitaciones impiden un adecuado desarrollo de las poblaciones, la posibilidad de mejorar su calidad de vida y de disminuir los índices de desigualdad. Para el presente caso de

estudio, en el Resguardo Indígena Aico de la etnia Pijao, no se cuenta con energía eléctrica, acueducto, alcantarillado, servicio de salud y educación secundaria. Por lo tanto, es necesario desarrollar alternativas para traer energía eléctrica de una manera eficiente y que perdure en el tiempo.

Para el caso del trabajo con comunidades indígenas y campesinas, se tiene un reto que implica un mayor grado de detalle, debido a que es necesario realizar un adecuado proceso de transferencia y apropiación de la tecnología, para que los proyectos sean sostenibles. En Colombia se presentan casos con algunas comunidades indígenas de la Amazonia (caso Guainía), en el que los proyectos de energías solar fotovoltaica no perduraron en el tiempo, debido a que no existió un acompañamiento y empoderamiento de la solución energética por parte de la comunidad. El enfoque de energía comunitaria que se propone en esta investigación, tiene su fundamento en permitir que sean los directamente involucrados en los proyectos de energía, quienes se reúnan y trabajen conjuntamente por el propósito de mejorar su calidad de vida, y exigir que se brinde apoyo técnico y financiero. La metodología desarrollada en la presente investigación, permite que se presente esquemáticamente el procedimiento que se debe seguir para organizarse comunitariamente, plantear un proyecto de energía eléctrica y, además, presenta lineamientos para tomar medidas que permitan que los proyectos perduren en el tiempo y conlleven a un adecuado desarrollo sostenible. El escenario de estudio es la escuela Guatavita Tua de la comunidad indígena Aico, que además hace las veces de centro para sus reuniones. Se propone implementar un prototipo que haga uso de una fuente de energía renovable no convencional de mayor potencial energético en la zona, para mejorar las condiciones educativas de la escuela primaria y proveer a la comunidad de un punto de carga de linternas y celulares.

2. METODOLOGÍA

La metodología para un proyecto de energía comunitaria que fue desarrollada en la presente investigación, toma como caso de estudio la electrificación de la escuela primaria del resguardo indígena Aico, y es desarrollada mediante un trabajo comunitario directo con esta población. En la Figura 1 se presenta esquemáticamente la metodología planteada. Es de anotar que debido al enfoque comunitario que se plantea, se requiere que exista un acompañamiento de la colectividad directamente involucrada en el proyecto de energía, durante cada una de las etapas que se proponen. Se inicia la metodología con un análisis del problema y las alternativas, la información clave debe ser aportada por la comunidad, debido a que es importante definir sus necesidades y la manera como entienden la problemática, para así establecer las posibles alternativas que identifiquen como solución. En cuanto a la fase de socialización y acuerdos, se requiere llegar a consensos en los que se consulten y acojan las opiniones de los directamente involucrados en el proyecto y de esta manera establecer los recursos clave que pueden aportar los involucrados, además, de las necesidades de capacitación organizacional. Posteriormente, se desarrolla uno de los pilares de la presente metodología, la constitución de una pre-cooperativa y posterior cooperativa energética, que debe contar con la participación de los líderes comunitarios y la orientación de un equipo técnico asesor interdisciplinario.



Figura 1. Metodología propuesta para un proyecto de energía renovable comunitaria

Una vez establecidas las necesidades y seleccionada la alternativa más adecuada, se continúa con la etapa de diseños y estudios técnicos. En esta fase se deben tener en cuenta estudios ambientales, financieros y sociales. Posteriormente, de ser aprobados los diseños y estudios técnicos, se podrá realizar la solicitud de recursos económicos, tanto públicos como privados.

Finalmente, durante la etapa de implementación y puesta a punto, es fundamental involucrar a la comunidad. La apropiación comunitaria es el pilar para la sostenibilidad, por tanto se propone capacitar a los miembros de la cooperativa y a los operadores del prototipo, y de una manera más básica a toda la comunidad. Es de anotar, que la metodología propuesta en ningún caso debe ser rígida y debe adaptarse a las circunstancias propias de cada proyecto, en caso de que así se requiera.

2.1. Análisis de problema y alternativas

En el resguardo indígena Aico se presenta un caso que se replica en 1.441 localidades de Colombia [6]; los usuarios se encuentran ubicados en áreas dispersas y de difícil acceso, lo que dificulta la extensión de la red eléctrica, entre otras razones, porque no es económicamente rentable. La inversión suele ser elevada y el retorno de la misma es, en algunos casos, inviable por los bajos consumos energéticos y la dificultad para el proceso de generación tarifaria y pago del servicio. Sin embargo, esto no puede ser un impedimento que limite el acceso a un servicio esencial que mejore la calidad de vida de las comunidades. En la Figura 2 se presenta la ubicación de la escuela, los posibles puntos de conexión a la red y las cabeceras municipales más cercanas donde se presta el servicio de salud. Debido a que las vías de acceso están en un deficiente estado, solo es posible llegar a la escuela caminando o cabalgando. Adicionalmente, debido a que en la escuela del resguardo no hay educación secundaria, los estudiantes que deseen finalizar sus estudios tienen que realizar largas caminatas diarias, que van entre una y dos horas por recorrido.

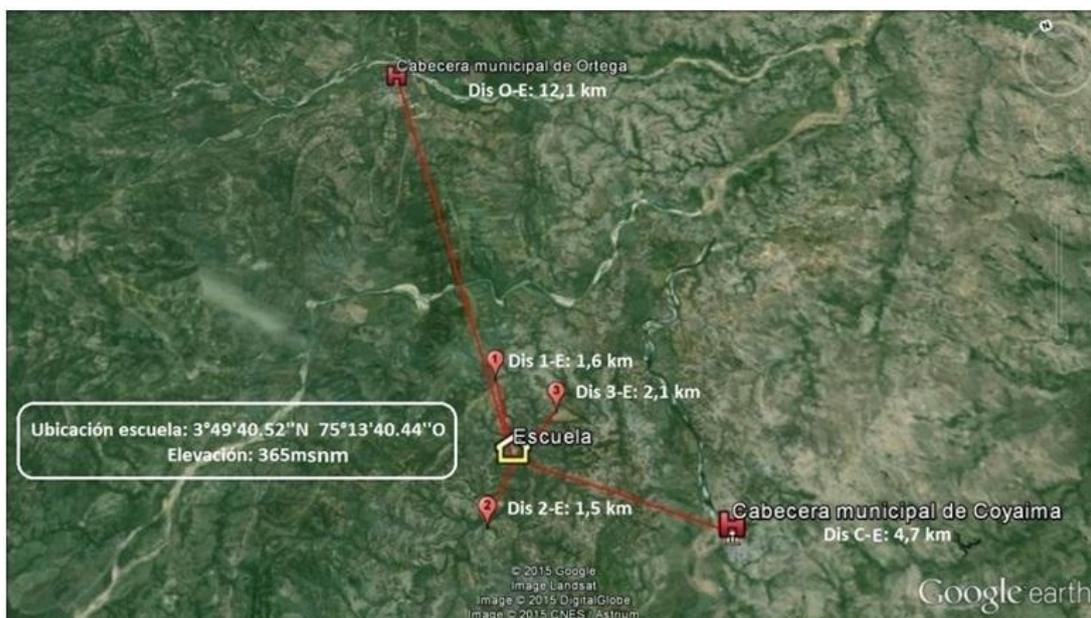


Figura 2. Distancias lineal entre la escuela y los posibles puntos de conexión a la red

Fuente: Google Earth, modificaciones propias (puntos georreferenciados).

Debido a que la metodología desarrollada propone que durante el análisis del problema y de las alternativas, se consulte a la comunidad directamente involucrada, se realizó una encuesta a la comunidad para establecer una línea base. La comunidad indígena manifiesta que su principal actividad económica es la agricultura y la ganadería, sin embargo se ha visto afectada de una manera importante, debido a efectos del cambio climático, que ha afectado sus dinámicas económicas y llevando a la comunidad a una economía de subsistencia. El grado de escolaridad también es un factor que se debe tener en cuenta, para el caso de estudio, el hecho que la comunidad no cuente con educación secundaria permite que gran parte de sus integrantes solo

alcancen su educación primaria, sin embargo, hay casos interesantes donde inclusive algunos habitantes han logrado un nivel técnico y tecnológico.

Las instalaciones de la institución educativa Guatavita Tua sede Aico, están en condiciones de abandono. En la Figura 3 se evidencia el estado de las aulas y en la Figura 4 se presenta el estado de los baños que están deshabilitados.



Figura 3. Estado actual de la escuela Guatavita Tua del Resguardo Indígena Aico.



Figura 4. Estado actual de los baños de la escuela Guatavita Tua.

Colombia es un país con un alto potencial en recursos energéticos renovables no convencionales, lo que es ideal para su aprovechamiento en generación distribuida, que es la generación de energía cerca al lugar de consumo, siendo ideal para estas zonas dispersas. El uso de fuentes de energía renovable es, además, un reto que se ha propuesto seriamente a nivel global para las medidas de mitigación del cambio climático; pero además a nivel país, se propone seriamente como iniciativa para el desarrollo económico sostenible y la seguridad del abastecimiento energético [7]. Finalmente, hay que tener muy en cuenta que esto necesariamente tiene que ir de la mano del uso racional y eficiente de la energía.

Se realizó un estudio de alternativas de recursos energéticos renovables no convencionales en la comunidad indígena. Entre los recursos estudiados que pueden ser aprovechados en la zona de estudio están la biomasa y la energía solar. El recurso eólico es muy reducido en la zona de estudio, con velocidades de tan solo 1.5 m/s promedio anual, por lo que esta opción se descartó de primera mano. En cuanto al recurso de la biomasa, es aprovechable en pequeña escala, sin embargo, el material orgánico se encuentra muy disperso, con distancias entre los tres a cuatro kilómetros desde el lugar de recolección hasta la escuela de la comunidad donde se propone el prototipo comunitario. El recurso energético de mayor potencial en la zona de estudio es el recurso solar, con un promedio anual de 4,42 kWhm²/día. En la Figura 5 se presenta la irradiación solar mensual en la zona de estudio.

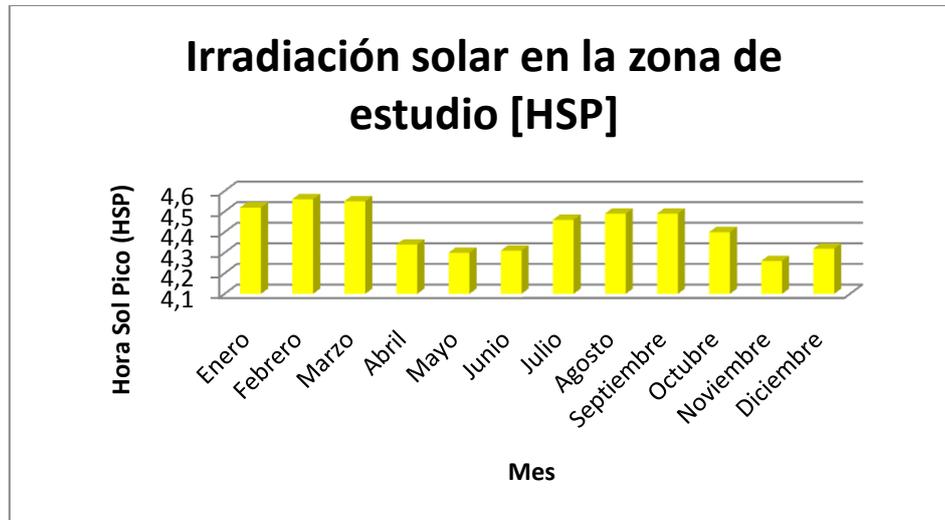


Figura 5. Irradiación solar en la zona de estudio [HSP]

2.3. Socialización, acuerdos con la comunidad y constitución de pre-cooperativa energética

La etapa de socialización y acuerdos con la comunidad es un componente principal para la aceptación del proyecto y para la selección de la mejor alternativa. Para el caso colombiano cuando se plantea desarrollar proyectos de explotación y/o de desarrollo que intervengan el territorio de grupos étnicos (Indígenas, Afrodescendientes, Raizales y Palenqueros), se debe realizar un procedimiento de *Consulta Previa* ante el Ministerio del Interior, en el que la comunidad debe aprobar el proyecto, debido a la autonomía y soberanía con la que cuentan. En algunas ocasiones los procesos de *Consulta Previa* son mal direccionados y se aprueban proyectos que perjudican en gran medida a las comunidades y al medio ambiente. En el caso que la comunidad sea quien propone el proyecto y este de acuerdo, se permite realizar un proceso denominado *Consentimiento Informado*. Para el caso de esta investigación, se desarrollaron reuniones y actas en las que la comunidad expresa el interés por el proyecto.

Se realizó una jornada de trabajo, por medio de un taller para establecer acuerdos con la comunidad, en el que se realizó una capacitación básica. Se trabajaron los conceptos generales de: energía, fuentes de energía (convencional y no convencional), beneficios y perjuicios ambientales, uso y aprovechamiento de la energía, y comparación de las posibles alternativas para la electrificación de la escuela caso de estudio. Con este trabajo de base se llegaron a los siguientes acuerdos y compromisos: Autorización para el inicio del proyecto (acta de constitución de proyecto), designación de un equipo de trabajo base (pre cooperativa) asignando responsabilidades, y se concretó que se aprobaría el diseño y estudios técnicos para un prototipo solar fotovoltaica básico que se instalará en la escuela del resguardo indígena. En la Figura 6 se presenta una imagen de una de las reuniones de socialización realizadas con la comunidad que participa en el proyecto.



Figura 6. Jornada de socialización y acuerdos con la comunidad

2.4. Fase de diseños y estudios técnicos

Posterior a la selección de la alternativa y a los acuerdos con la comunidad, se llevó a cabo la fase de diseño del prototipo solar fotovoltaico comunitario para la escuela del resguardo indígena. Este prototipo solo supe una parte de las necesidades de energía eléctrica, y tiene la capacidad de alimentar un pequeño centro de cómputo, un sistema de sonido, iluminación interior y exterior, además, contempla un punto de carga de celulares y linternas. En la Tabla 1 es presentado el cuadro de cargas de los equipos que se proponen; se especifica la potencia de cada equipo y la potencia total requerida.

Tabla 1. Cuadro de cargas del prototipo solar a instalar

Cantidad	Cargas	Potencia equipo [W]	Potencia total equipos [W]
2	Computador portátil (Input 19V - 3,42A)	65	130
1	Multifuncional Ecotank L455	19	19
1	Sistema de sonido 2.1 Z213	17	17
1	Router Wifi Banda Dual Ac Tp-link Archer C7	30	30
2	Luminaria - LED P36667	36	72
1	Reflector LED Iluminación exterior-ASL030603	30	30
1	Grabadora Digital Zs-ps30cp	22	22
1	Tomacorriente para cargar celulares y linternas a 110 V	180	180
Potencia total [W]			500

A continuación se realizó la ponderación del consumo diario de energía, en la Figura 7 se presenta la curva de energía diaria consumida. Es planteada de tal manera que el mayor consumo de energía se realice justo al medio día, cuando hay mayor radiación solar. Por lo tanto, se propone que el servicio de carga de celulares y linternas se realice a medio día.

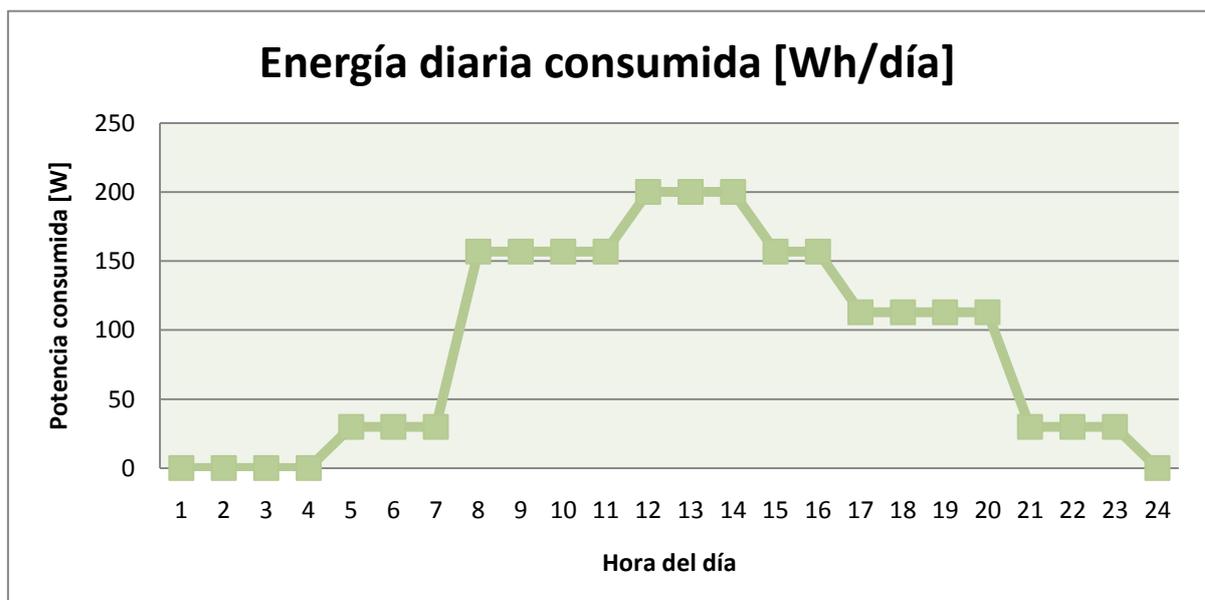


Figura 7. Curva de energía diaria consumida

Posteriormente se realizó el dimensionamiento del prototipo solar fotovoltaico Off-Grid. En primera medida, se tiene en cuenta el consumo de energía eléctrica que fue calculado por medio del cuadro de cargas y el estimado de horas de uso por equipo durante un día, que responde directamente al área bajo la curva de energía diaria consumida. Posteriormente, se evalúa el recurso de energía solar, se tiene en cuenta el mes crítico de diseño (de menor radiación solar), que para el caso específico es el mes de mayo, con un promedio multianual de 4,3 kWh/m²/día. A continuación, se evaluó las pérdidas de energía que responden a la eficiencia de los equipos, pérdidas por cableado y un ponderado de pérdidas por la disponibilidad del recurso solar (Total Solar Resource Fraction –TSRF). Posteriormente, se realizó el cálculo de la energía total requerida. Finalmente, se realizó el dimensionamiento del arreglo fotovoltaico y del banco de baterías. En la Tabla 2 se presenta en detalle los criterios técnicos y el procedimiento seguido para el dimensionamiento del prototipo.

Tabla 2. Dimensionamiento prototipo solar fotovoltaico propuesto

Dimensionamiento Prototipo Solar Fotovoltaico para la Escuela Guatavita Tua			
1. Demanda energética		3. Perdidas de energía	
Demanda energética AC [Wh]	1985	Eficiencia del inversor	95%
Demanda energética DC [Wh]	288	Eficiencia de las baterías	85%
Demanda energética total [Wh]	2273	Eficiencia Arreglo FV	98%
2. Recurso solar		Eficiencia del cableado	75%
Irradiación en la zona estudio [HSP]	4,3	Total solar resource fraction -TSRF	90%
4. Dimensionamiento Arreglo Fotovoltaico		Energía requerida [Wh]	3866
Potencia requerida [W]	899	5. Dimensionamiento banco de baterías	
Potencia panel solar seleccionado [Wp] (PX 150 SUNSET - Policristalino)	150	Días de autonomía - Tecnología en Gel libres de mantenimiento	2
Número de paneles	6	Factor de temperatura	90%
Número de Strings	1	DOD (Profundidad de descarga)	60%
Número de paralelos	6	Energía banco de baterías [Wh]	8419
Potencia total instalada [Wp]	900	Capacidad banco de baterías [Ah]	351
Inclinación	9°	Tensión banco de baterías [V]	24
Azimut	15°	Número de Strings	2
Latitud	3.828°N	Número de paralelos	3
Longitud	75.228°O	Número de baterías	6

2.5. Apropiación comunitaria y sostenibilidad

El proceso de apropiación comunitaria y sostenibilidad se encuentra en su etapa inicial, se han realizado jornadas de capacitación dirigidas a los niños de la comunidad, por medio de talleres de pintura y juegos didácticos. En la Figura 8 se presenta una de las actividades realizadas con los niños de la comunidad.



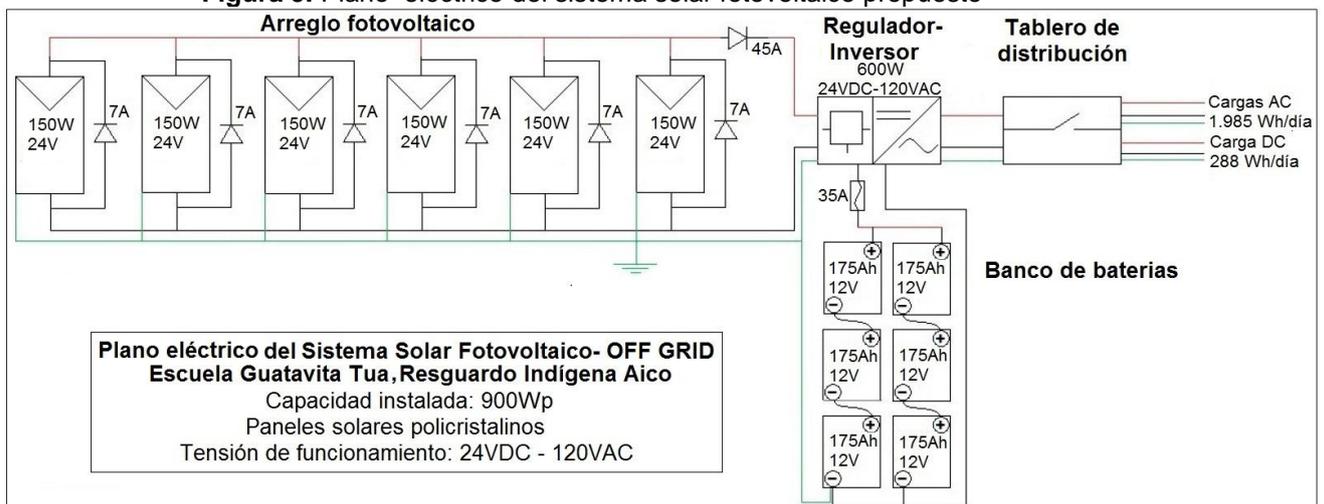
Figura 8. Talleres de apropiación de conocimiento para niños de la comunidad

3. RESULTADOS

Los resultados más relevantes que fueron alcanzados durante el desarrollo del presente trabajo son listados a continuación:

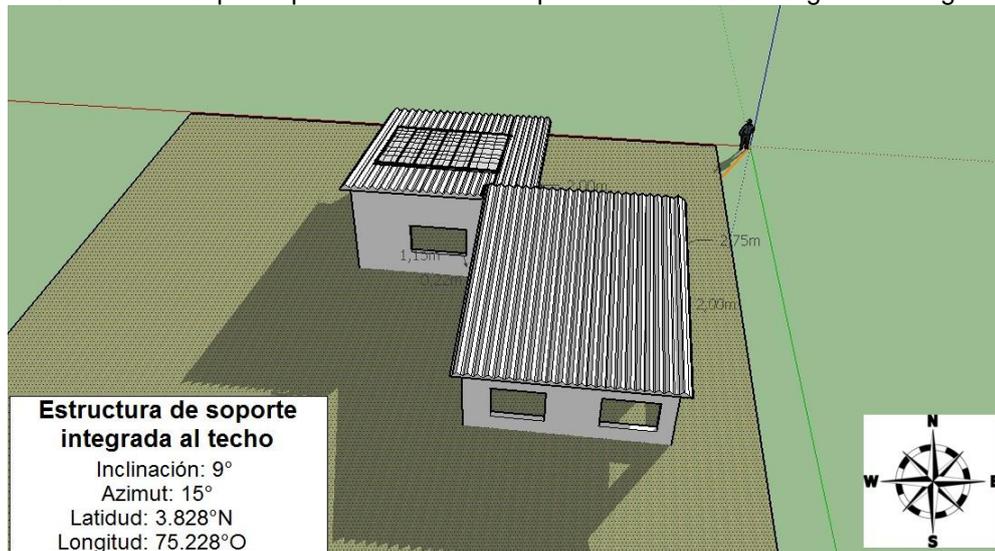
- Se realizó el diseño de la metodología para un proyecto sostenible de energía comunitaria, mediante un trabajo comunitario. La metodología diseñada propone los siguientes pasos: Análisis de problema y alternativas, socialización y acuerdos con la comunidad, constitución de cooperativa energética, fase de diseños y estudios técnicos, solicitud de recursos, implementación y puesta a punto, y apropiación comunitaria y sostenible.
- La metodología desarrollada se encuentra en proceso de evaluación por medio de la propuesta para un prototipo solar fotovoltaico para la comunidad indígena Aico. Se realizó el proceso de Análisis de problemas y alternativas, socialización y acuerdos con la comunidad, pre-cooperativa energética y fase de diseños y estudios técnicos.
- En cuanto a las solicitud de recursos, se han realizado actividades comunitarias para recaudan fondos para la implementación del prototipo solar fotovoltaico diseñado. También, se ha adelantado el proceso inicial de apropiación comunitaria por medio de talleres de capacitación básica en energía para la comunidad, evidenciando acogida por parte de la comunidad.
- Se realizó el diseño del prototipo de energía solar fotovoltaica. En la Figura 9 se presenta el plano eléctrico del prototipo diseñado, para la escuela de la comunidad indígena Aico; que para el caso de estudio es Off Grid. Se puede evidenciar la conexión en paralelo de seis paneles solares policristalinos de 150 [Wp] (cada uno), lo que permite una capacidad instalada de 900 [Wp]. El arreglo fotovoltaico genera energía a un nivel de tensión de 24 [VDC], debido a que se cuenta con cargas que funcionan con corriente alterna, es necesario el uso de un Inversor de Corriente DC-AC, que permite el funcionamiento de equipos a 120 [VAC]. El banco de baterías cuenta con dos días de autonomía y tiene una capacidad 1050 [Ah], son baterías tipo gel libres de mantenimiento.

Figura 9. Plano eléctrico del sistema solar fotovoltaico propuesto



- También se realizó un diseño estructural para la implementación del prototipo propuesto. En la Figura 10 se presenta el tipo de estructura de soporte (integrada al techo), la ubicación y disposición del prototipo solar fotovoltaico inclinación y azimut, y la ubicación geográfica de la escuela del resguardo indígena. No se requirió realizar un estudio de sombras, debido a que no hay interferencia y la radiación solar se puede aprovechar sin limitaciones.

Figura 10. Diseño del prototipo solar fotovoltaico para la escuela del resguardo indígena Aico



4. CONCLUSIONES

- La metodología propuesta en la presente investigación fue elaborada mediante el estudio del caso de un proyecto comunitario desarrollado con el resguardo indígena Aico en Colombia. Se ha efectuado la fase de diseño, evaluación y trabajo previo con la comunidad, en las que se evidencia un grado de aceptación y pertinencia significativo, lo que posibilita una segunda fase de estudio de sustentabilidad. Se tienen en cuenta los conceptos y procedimientos más relevantes que se han identificado en el trabajo comunitario propio de este caso de estudio, sin embargo, se plantea que la metodología propuesta debe ser dinámica y puede ajustarse a elementos particulares de cada población.
- El desarrollo de un proyecto de energía renovable comunitaria debe tener como objetivo principal lograr el desarrollo sostenible de una población. Para ello, se debe iniciar con un proceso de electrificación rural, que permita suplir en primera medida necesidades básicas de electricidad para los servicios de educación, salud y seguridad alimentaria. Posteriormente, es necesario avanzar en la energización de la zona, mediante el aprovechamiento de la energía en procesos productivos, que permitan el desarrollo económico y social de la comunidad, además de la sostenibilidad a largo plazo. Finalmente, se debe enfatizar en el uso y consumo inteligente de la energía, que debe ir necesariamente de la mano de todo proyecto de energía renovable no convencional. En la Figura 11 se presenta un diagrama del proceso que debe seguir un proyecto de energía renovable comunitaria, para que permita un adecuado desarrollo sostenible.

Figura 11. Diagrama Energía Renovable Comunitaria



- El enfoque comunitario debe estar basado en el modelo de cooperativismo. Se debe contar con un acompañamiento directo, preferiblemente de un equipo técnico multidisciplinario (ingenieros, antropólogos y/o trabajadores sociales) que guíen a la comunidad durante todo el proceso. El desarrollo de un proyecto de energía renovable comunitaria debe ser inmerso en un plan de desarrollo de la comunidad. Es así como se debe concebir que la energía eléctrica no puede ser un servicio aislado, y debe integrarse a las dinámicas económicas y sociales, que aporten a un desarrollo integral sostenible. La propuesta de cooperativismo y acompañamiento técnico, permite organización, trabajo conjunto para llevar a cabo una buena fase de diseño y estudios técnicos, y posteriormente exigir el financiamiento del proyecto por parte del estado.
- Uno de los elementos fundamentales para el adecuado desarrollo de un proyecto comunitario de energía renovable, debe ser el aporte de los beneficiarios y de sus líderes, durante todas las etapas del proceso. Es necesario identificar los recursos clave que se pueden aprovechar en la zona de estudio y el trabajo que puede aportar la comunidad, además de realizar un consenso y llegar a acuerdos, que permitan identificar las necesidades principales, las mejores alternativas técnicas y económicas, que beneficien y a su vez sean verdaderamente aprovechadas por los usuarios.
- El proceso de apropiación tecnológica y transferencia del conocimiento, permite la sostenibilidad de un proyecto de energía renovable comunitaria. Sin embargo, debido a que existen características propias de cada comunidad, se deben identificar y proponer los métodos más adecuados para la correcta formación en: seguridad eléctrica, uso racional de la energía, buenas prácticas en el manejo energético y aprovechamiento de la energía en procesos productivos.

5. AGRADECIMIENTOS

A Dios por su amor incondicional y por ser el artífice de este sueño. A la comunidad Indígena Aico por compartir su territorio y brindar su apoyo. A quienes se han convertido en parte de la familia. A quienes han aportado su semilla y han compartido un poco de su luz.



6. REFERENCIAS

- [1] O. d. E. Iberoamericanos, «OEI,» 2012. [En línea]. Available: <http://lucesparaaprender.org/web/escuelas/colombia/>. [Último acceso: 22 6 2015].
- [2] C. A. d. Fomento, «Energía: Una Visión sobre los retos y oportunidades en América Latina y el Caribe,» CAF, Caracas.
- [3] C. p. I. C. Ambiental, Guía para el Desarrollo de Proyectos Comunitarios de Energía Renovable en América del Norte, Canadá.
- [4] ONU. (2015). Progress Toward Sustainable Energy, Sustainable Energy For All. Nueva York.
- [5] IEA, I. E. (2011). Wold Energy Outlook. París.
- [6] IPSE, I. d. (2014). Informe de Rendición de Cuentas. Bogotá.
- [7] MME, M.E. (2014). Ley 1715 por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Bogotá.



UTN  bhi



VI Seminario Nacional de Energía y su Uso Eficiente

Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional
Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado. Universidad Tecnológica Nacional

GRUPO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE TRATAMIENTO DE SEÑALES EN SISTEMAS ELÉCTRICOS (TSSE). PRINCIPALES ACTIVIDADES.

Pascual, Héctor O.¹, Maccarone, José L.², Albanese, Ariel A.³, Fata, Omar A.⁴, Bellomo, Luis D.⁵
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata, Grupo de I+D TSSE.
Avenida 60 y 124 s/n, Berisso, Buenos Aires, Argentina.
opascual@frlp.utn.edu.ar.

RESUMEN

El grupo TSSE fue creado en el ámbito de la Facultad Regional La Plata de la UTN en el año 2004 y continúa sus actividades al día de la fecha. Su objetivo es estudiar y aplicar diferentes algoritmos que permitan obtener y mejorar diversos parámetros provenientes de ensayos y estudios que se realizan sobre variados tipos de máquinas, elementos y/o sistemas eléctricos, para mejorar su comportamiento o caracterización.

Considerando que el grupo TSSE no tiene una gran antigüedad en el ámbito de nuestra Universidad y contemplando el número reducido de sus participantes, bajo el marco del mismo se han desarrollado una serie de actividades que consideramos importantes destacar. Es objeto del presente trabajo mostrar las principales tareas llevadas adelante por los integrantes del citado grupo a lo largo de estos últimos años, en relación con la Investigación y el Desarrollo.

Palabras clave: TSSE, Actividades, Trabajos, Publicaciones.

Área temática: Resultados de los grupos de investigación del Programa de Energía de la UTN.



UTN **bhi**



VI Seminario Nacional de Energía y su Uso Eficiente
Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional
Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado. Universidad Tecnológica Nacional

I. INTRODUCCIÓN

El grupo TSSE se encuentra conformado actualmente por 5 profesionales y 3 alumnos, entre los cuales cuatro de los profesionales intervinientes cuentan con formación de cuarto nivel (1 Especialista, 1 Master y 2 Doctores). Al día de la fecha, bajo la órbita del TSSE se desarrollan 2 proyectos homologados y vinculados con el área de energía:

A. Título: “Tratamiento de señales aplicado a Sistemas Eléctricos de Potencia”.

Director: Dr.-Ing. Héctor O. Pascual.

Codirector: Mg.-Ing. José Luis Maccarone.

Fecha de inicio: 01/01/15.

Fecha de finalización: 31/12/17.

B. Título: “Desarrollo de Instrumentos de Relevamiento Energético y de Algoritmos Necesarios para un Software de Gestión Energética de Organizaciones”.

Director: Mg.-Ing. José Luis Maccarone.

Codirector: Ing. Leopoldo Nahuel

Fecha de inicio: 01/01/14.

Fecha de finalización: 31/12/16.

Además de lo mencionado existen otros proyectos que al día de la fecha han concluido y que tuvieron como marco de desarrollo al grupo TSSE. Estos fueron:

C. Título: “Tratamiento digital de señales aplicado a Sistemas Eléctricos de Potencia”.

Director: Dr.-Ing. Héctor O. Pascual.

Codirector: Ing. Luis Lorenzo Neira

Fecha de inicio: 01/05/11.

Fecha de finalización: 30/04/14. (Prorrogado un año más hasta el 30/04/15).

D. Título: “Mejoras ergonómicas en vestimentas conductoras para Trabajos con Tensión”.

Director: Ing. Luis Lorenzo Neira

Codirector: Dr.-Ing. Héctor O. Pascual.

Fecha de inicio: 01/05/11.

Fecha de finalización: 30/04/14.

E. Título: “Modelo energético eficiente para un barrio aplicando Energías Renovables en combinación con Energías No Renovables”.

Director: Dr.-Ing. Héctor O. Pascual.

Codirector: Mg.-Ing. José Luis Maccarone.

Fecha de inicio: 01/01/10.

Fecha de finalización: 31/12/11.

F. Título: “Diagnóstico del estado de aisladores poliméricos”.

Director: Dr.-Ing. Walter Giménez.

Codirector: Ing. Luis Lorenzo Neira.

Fecha de inicio: 01/01/07.

Fecha de finalización: 31/12/08 (Prorrogado un año más hasta el 31/12/09).

G. Título: “Tratamiento digital de señales, aplicado a ensayos de Laboratorio y/o Sistemas Eléctricos”.

Director: Dr.-Ing. Héctor O. Pascual.

Codirector: Ing. Ariel Adrián Albanese.

Fecha de inicio: 01/05/05.

Fecha de finalización: 30/04/08. (Prorrogado un año más hasta el 30/04/09).

Cabe mencionar que parte de los proyectos citados anteriormente no sólo han sido desarrollado en el TSSE, sino que se han realizado en conjunto con otros grupos de I+D como son el grupo GITCT (Grupo de Investigación y Desarrollo de Equipos y Herramientas para Trabajos con Tensión) y el grupo GISEP (Grupo de Investigación y Desarrollo de Sistemas Eléctricos de Potencia), ambos

de la UTN y específicamente pertenecientes a la Facultades Regionales de Concordia y Santa Fe respectivamente.

II. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN REALIZADOS

Algunas de las principales actividades desarrolladas por el grupo se encuentran relacionadas con los siguientes temas:

- a. *Evaluación del error en transformadores de corriente, en relación con la constante de tiempo de la corriente primaria y secundaria.*

Un transformador de corriente (TA) es un transformador de instrumentación en el cual la intensidad de corriente secundaria es, en condiciones normales de uso, prácticamente proporcional a la intensidad primaria, desfasada con relación a la misma un ángulo próximo a cero para un conexionado apropiado. Sus errores pueden ser expresados a través del error de relación, fase, compuesto, o corriente de error; dependiendo de su condición de funcionamiento.

Considerando que los TA's están sometidos a corrientes que por las características de los sistemas eléctricos de potencia, durante una falla de cortocircuito pueden presentar una componente exponencial decreciente, fue objeto del estudio evaluar el error que se comete en la medición de estas corrientes en relación con la constante de tiempo de la corriente primaria (T_p) y la constante de tiempo que presenta el circuito secundario del transformador de corriente (T_s). Se utilizó para determinar dicha relación, ya sea en régimen estable o transitorio de funcionamiento, un TA trabajando en condiciones lineales y con flujo disperso despreciable, condición cercana a la de funcionamiento real, si no se produce saturación en su núcleo magnético. Cabe mencionar que el funcionamiento de un TA en saturación es una situación que, en general, se trata de evitar ya que ésta provoca una deformación en la corriente secundaria que podría causar un funcionamiento incorrecto en las protecciones asociadas al TA. [1] y [2].

Como conclusión del trabajo realizado se desprende qué para poder reflejar una corriente primaria que contenga una componente exponencial decreciente, en el secundario del TA, con una corriente de error pequeña se tiene que cumplir que T_s sea lo más grande posible respecto al valor de T_p .

- b. *Diseño e Implementación de sistemas en tiempo real, para medición del fasor de impedancia correspondiente a los 50 Hz.*

En los sistemas eléctricos de potencia se utiliza para distintas aplicaciones el valor de impedancia correspondiente a su frecuencia fundamental (50 o 60 Hz dependiendo del país), un ejemplo puede ser determinar el valor de la misma para poder establecer si un equipo o parte del sistema funciona correctamente o ha sufrido alguna falla. El objetivo del trabajo fue desarrollar un sistema de medida digital de impedancia en tiempo real, el cual puede ser aplicado a sistemas eléctricos monofásicos. El cálculo de la impedancia de frecuencia fundamental se basa en el cociente de los fasores de tensión y corriente correspondientes a dicha frecuencia. Para la obtención de dichos fasores se analizaron las características de diferentes filtros digitales tales como los de Fourier, Seno y Coseno, para luego y en función de los resultados obtenidos poder caracterizar los filtros anti-aliasing que se adapten correctamente. Para la implementación se utilizó el software LabView y una placa adquisidora de datos que no posee muestreo simultáneo, motivo por el cual se incorporó dentro del sistema un método de interpolación utilizando funciones de splines. [3], [4], [5] y [6].

Como conclusiones del trabajo realizado es posible decir que de los gráficos de respuesta en frecuencia, para distintas ventanas de datos, se determinaron las frecuencias que son admitidas y rechazadas, de manera que se pudo pronosticar el funcionamiento de los filtros ante señales que presentan un contenido armónico determinado. Teniendo en cuenta que se busca que el filtro rechace las componentes armónicas de la señal de entrada y la componente de continua de la misma, de los filtros analizados, los que mejor se comportan son aquellos que tienen ventanas de datos de uno y dos ciclos. En función de que el sistema desarrollado tiene potencial aplicación en



protecciones de sistemas eléctricos, se consideró importante la velocidad de operación o sea disminuir el retardo de tiempo en la respuesta final, por tal motivo es que desde el punto de vista de funcionamiento estable se consideró apropiado utilizar la ventana de un ciclo.

De la observación del comportamiento estable y transitorio de los filtros analógicos anti-aliasing analizados se obtuvieron conclusiones que se contraponen, lo que llevó a tomar una decisión de compromiso, de tal manera que el filtro responda bien en lo que se refiere a régimen estable, pero sin perjudicar las características transitorias. Por ejemplo, para la frecuencia de muestreo utilizada de 1600 muestras/seg (32 muestras/ciclo), el uso de un filtro anti-aliasing de Butterworth de 2° orden, con frecuencia de corte de 400 Hz, se consideró apropiado.

En virtud de que la aplicación del sistema presentado se encuentra orientado al área de protecciones de sistemas eléctricos y teniendo en cuenta el tipo de perturbaciones que pueden presentar las señales de tensión y corriente durante una falla, se consideró la utilización de los algoritmos Seno y Coseno para el filtrado de la tensión y corriente respectivamente ya que estos filtros presentan características que se adaptan correctamente al tipo de señales filtradas.

El prototipo desarrollado fue sometido a diferentes pruebas, aplicándole señales de tensión y corriente apreciablemente distorsionadas. Los resultados obtenidos permitieron concluir que el sistema propuesto tiene un comportamiento satisfactorio ya que los errores cometidos en las mediciones realizadas de la impedancia de frecuencia fundamental no fueron significativos (no superior al 1%).

Además de lo mencionado, es importante también destacar que la incorporación de una función de interpolación, permite reutilizar placas adquisidoras con entradas analógicas multiplexadas ya existentes en un ámbito industrial, para implementar en ellas el sistema propuesto y realizar funciones de protección.

c. Determinación del estado de aisladores poliméricos.

En el marco del proyecto de Investigación y Desarrollo con título: "Diagnóstico del estado de Aisladores Poliméricos", llevado adelante por tres Facultades de la Universidad Tecnológica Nacional, específicamente la Facultad Regional Concordia, la Facultad Regional Santa Fe y la Facultad regional La Plata, al cual colaboran la Empresa de Energía de Santa Fé, la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande y la Empresa Hangar Servicios, se buscó determinar fehacientemente el estado de aisladores poliméricos que se encuentran en servicio, mediante un método de diagnóstico más certero a fin de brindar al operario de TCT mejor información en el momento en que tenga que decidir sobre su reemplazo con tensión.

Para cumplir con el objetivo, se buscó vincular los datos de las mediciones que puedan ser realizadas en campo sobre las propias instalaciones mientras se hallan en servicio y el estado del aislador polimérico objeto de las mediciones. Para el procesamiento de la información se trabajó en diversas arquitecturas de redes neuronales para generar un sistema entrenado que le permita, de manera sencilla, a un operario decidir si el aislador polimérico analizado debe ser o no reemplazado y además si el estado es tal que aún se encuentra dentro del rango de aislación necesaria para poder efectuar su intervención con tensión [7], [8] y [9].

De las tareas realizadas, se ha podido caracterizar con un cierto grado de certeza el comportamiento de un aislador polimérico en condiciones de Laboratorio, efectuando para tal efecto distintos tipos de mediciones sobre el aislador. En tal sentido es importante destacar que efectuar determinadas mediciones en un aislador polimérico que se encuentre en servicio es una tarea que presenta un grado de dificultad elevado, en virtud de la gran cantidad de variables involucradas y las interferencias que existen producto de los acoplamientos con otros elementos del sistema eléctrico de potencia.

d. Determinación de pérdidas técnicas en Sistemas Eléctricos.

Los sistemas eléctricos de potencia están compuestos por una variada cantidad de elementos, los cuales no presentan un comportamiento ideal de funcionamiento en régimen nominal de trabajo

(transformadores, líneas, etc), motivo por el cual los mismos presentan pérdidas de energía que se asocian con los valores calculados de pérdidas técnicas a través de diferentes metodologías empleadas por las empresas del sector eléctrico de distribución y transporte.

En distribución eléctrica se define generalmente a las pérdidas de energía como la diferencia entre la energía ingresada (compra) y la energía egresada (venta) al sistema. El valor obtenido de la citada diferencia involucra las pérdidas técnicas y no técnicas. Existen diversas metodologías para calcular las pérdidas técnicas de energía en redes eléctricas, el trabajo realizado tuvo por objeto proponer formas de cálculo de dichas pérdidas técnicas [10] y [11].

La metodología propuesta permite cuantificar el valor de pérdidas técnicas de energía a través de cálculos y simulaciones en función de los datos disponibles de mediciones y de las características técnicas del equipamiento, con un grado de incertidumbre que se considera aceptable para este tipo de cálculos, considerando el importante volumen de información involucrada y su variación a lo largo del tiempo en la explotación del sistema eléctrico. En tal sentido cabe mencionar que en virtud de los resultados obtenidos es posible afirmar que el empleo de una RNA (red neuronal artificial) es un método alternativo adecuado para la estimación del Factor de carga de pérdida, el cual permite obtener el valor de energía de pérdida sin necesidad de realizar numerosas simulaciones de flujos de cargas a lo largo de un lapso de tiempo determinado, permitiendo de esta manera optimizar el tiempo de procesamiento y cálculo.

e. Requerimientos de cables ópticos OPGW para su operación confiable.

El estudio realizado permitió establecer con mayor claridad los requerimientos necesarios para la utilización de los cables de guardia con fibras ópticas OPGW (Optical Ground Wire). Estos constituyen la vinculación principal de los sistemas de comunicación digital para la transmisión de funciones de tele-protección digital, protección diferencial longitudinal, SCADA, estabilidad de automatismos DAG/DAC, vinculación de redes LAN, y otros, imprescindibles para lograr la más alta Confiabilidad de Operación del Sistema de 500kV.

La red de cables ópticos OPGW en Argentina es del orden de 5.500 km, incluyendo fibras ópticas por orden de 127.000 km, las cuales son utilizadas por las Empresas Eléctricas y servirán para convenios adicionales con otras empresas, por lo cual el desempeño del OPGW deberá ser máximo, habida cuenta que ciertos parámetros exigidos por los prestadores externos pueden ser aún mayores que los requeridos por las empresas Eléctricas. [12] y [13].

Como resultado se pudo determinar que bajo las hipótesis asumidas para el estudio, (potencia de cortocircuito de 25 GVA y tiempo de actuación de protecciones de 250 ms, un hilo de guarda compañero de 70 mm²), las condiciones contempladas actualmente en Argentina para el cálculo del cable OPGW provocan un sobre dimensionamiento del mismo de aproximadamente un 100%.

f. Calidad de servicio eléctrico (Desbalance).

Desde el punto de vista de calidad de servicio, uno de sus indicadores es el grado de desbalance, entendiéndose que éste se produce en los sistemas trifásicos cuando las tensiones de fase se apartan de su valor nominal y/o cuando los ángulos de separación entre los fasores que representan la tensión de cada fase, se apartan del valor de 120° entre sí.

Las variaciones de cargas, de naturaleza monofásica, que se presentan en las redes eléctricas de distribución ocasionan un sistema con cargas desiguales en las distintas fases, lo cual lleva a que las caídas de tensiones en cada fase se encuentren desequilibradas, motivo por el cual el sistema presenta un grado de desbalance en sus tensiones en el punto de alimentación de los diferentes consumos. Este desbalance dependerá de las características de las cargas, de las características de las líneas empleadas en el sistema de distribución y de las tensiones en el punto de alimentación a la red de distribución.

Contemplando la normativa internacional IEC (IEC 61000-4-30, 2008) o IEEE (IEEE Std 1159, 2009), el desbalance en un sistema trifásico se define como la relación entre la magnitud de la componente de secuencia negativa y la magnitud de la componente de secuencia positiva,



expresada como porcentaje. En la normativa nacional no existe un valor que acote directamente el factor de desbalance dado por la relación citada anteriormente, sino que éste se acota indirectamente a través de limitar los niveles máximos y mínimos de las tensiones de cada una de las fases. En tal sentido fue objeto del presente trabajo mostrar cuales son los valores que podría tomar el factor de desbalance sin violar lo establecido en la reglamentación nacional vigente, y compararlos con los recomendados por la normativa internacional vinculada con el tema.

Los resultados de las investigaciones realizadas permitieron concluir que en la actualidad, la reglamentación Argentina permite que los valores de desbalance en los sistemas eléctricos de distribución puedan superar ampliamente a los valores recomendados internacionalmente, (De acuerdo con lo recomendado por IEEE e IEC el factor de desbalance no debería superar el 2%).

En virtud de los resultados obtenidos se recomendó modificar la reglamentación vigente con el objeto de incorporar en la misma, límites que acoten directamente los niveles de desbalance. Cabe destacar que un sistema desbalanceado provoca un uso poco eficiente, ocasionando pérdidas económicas y disminución de los recursos energéticos, tan importantes para nuestra Nación. [14], [15], [16] y [17].

Dentro de los estudios llevados adelante sobre el tema enunciado y considerando que las pérdidas de un transformador de tensión, pueden aumentar o disminuir en relación con sus pérdidas nominales, en virtud del módulo y ángulo de las componentes de secuencia negativa presentes en el sistema trifásico de su alimentación, se propuso una metodología para cuantificar las pérdidas en un transformador de tensión, frente a un sistema de alimentación desbalanceado. [18].

g. Instrumentos de relevamiento energético para una organización.

En relación con esta temática y a través de la utilización de diferentes herramientas estadísticas se desarrollaron e implementaron algoritmos de optimización buscando mejorar la competitividad de las PyMEs. Además se realizaron tareas de búsqueda e investigación con el objeto de vincular los algoritmos desarrollados a empresas del sector Eléctrico de la República Argentina. Bajo el marco de los proyectos que se desarrollan en el TSSE y se encuentran vinculados con la gestión energética, se realizaron numerosas visitas y relevamientos en diferentes empresas PyMEs que realizan sus actividades dentro de distintos parques Industriales. [19], [20], [21], [22], [23] y [24].

Producto de las tareas realizadas fue posible desarrollar instrumentos de relevamiento que permitieron establecer el estado de situación real desde el punto de vista energético de PyMEs, buscando de esta forma que conforme a una política energética adoptada, y con la idea de poder certificar bajo la norma IRAM 50001, las empresas puedan establecer planes de acción/evaluación.

Cabe destacar que las tareas de investigación realizadas en esta área, tuvieron un impacto altamente positivo ya que permitieron generar un acercamiento con el sector industrial de las empresas del partido de Berazategui, especialmente se trabajó sobre las empresas del Parque Industrial de Plátanos, brindándole asesoramiento conjuntamente con investigadores de la Universidad Nacional de La Plata y la Universidad Nacional Arturo Jauretche. Mejorando en forma integral su funcionamiento y potenciando su inserción en el mercado nacional.

III. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PRESENTES Y FUTUROS.

Las tareas que se encuentran en curso, y que permiten aplicar gran parte de experiencia adquirida a lo largo de estos últimos años se pueden resumir en las siguientes:

- Cuantificación del impacto del Desbalance en diferentes equipos asociados con el sistema eléctrico de potencia y su relación con las pérdidas de energía. (Contemplando también el Factor de desbalance Homopolar).
- Validación de Modelos desarrollados para representar el comportamiento de diferentes equipos eléctricos.

- Estudio de los Sistemas de protecciones modernos y su vinculación con la norma IEC 61850.
- Corrección de las alteraciones de la corriente secundaria de un TA frente a la saturación de su núcleo ferromagnético, en condiciones de falla del sistema.
- Elaboración de un Plan de Gestión Energética para un Parque Industrial. Esto le permitirá a los parques industriales realizar Eficiencia Energética. (Se contempla además el desarrollo de un Software que facilitará su autogestión).

IV. CONCLUSIONES

Como integrantes del grupo de investigación TSSE estamos convencidos que en estos últimos años hemos dado pasos en la dirección correcta. Cabe mencionar que se han sorteado numerosos obstáculos pero tanto el trabajo en conjunto y la capacidad de los profesionales que forman parte del equipo de trabajo permitió que se afianzara el grupo como así también su dinámica en relación con las diferentes tareas que se llevan adelante diariamente. También en este aspecto somos conscientes de que nos falta un gran trayecto por recorrer, razón por la cual es nuestro objetivo seguir avanzando en la dirección ya establecida.

V. REFERENCIAS

- [1]. Pascual H. O., Fata O. A., Albanese A. A., "Evaluación del error en un transformador de corriente (TA), con respecto a la constante de tiempo de la corriente primaria y secundaria," *Congreso Internacional de Distribución Eléctrica CIDEL Argentina 2006*, Buenos Aires, Argentina, 28-30 de noviembre de 2006.
- [2]. Pascual H. O., Fata O. A., Albanese A. A., "Evaluación del Error en un Transformador de Corriente, con Respecto a la Constante de Tiempo de la Corriente Primaria y Secundaria," *Revista TECNOLOGÍA Y CIENCIA*, ISSN 1666-6917 (impresa) - ISSN 1666-6933 (en línea), Buenos Aires, Argentina, Año: 8, N°: 16, (Páginas: 38-43) de versión impresa y Año: 3, N°: 4, (Páginas: 46-52) de versión en línea.
- [3]. Pascual H. O., Fata O. A., Albanese A. A., "Impedance Measurement in Real Time, Employing Sine and Cosine Filters Simultaneously, Incorporating Spline Functions for Interpolation," *Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference CERMA 2007*, Cuernavaca, Morelos, México, September 25-28, 2007. (Páginas: 633-638), ISBN: 0-7695-2974-7.
- [4]. Pascual H. O., Fata O. A., Albanese A. A., "Análisis e implementación de un sistema de medición de impedancia en tiempo real utilizando LabView," *IEEE 4º Congreso Internacional en Innovación y Desarrollo Tecnológico CIINDET 06*, Cuernavaca, Morelos, México, 11-13 de octubre de 2006. ISBN: 968-9152-00-9.
- [5]. Pascual H.O., "Mediciones de Impedancia en Tiempo Real," *BIEL light+building 2007 - Biental Internacional de la Industria Eléctrica, Electrónica y Luminotécnica*, Buenos Aires, Argentina, 6-10 de noviembre de 2007. Congreso Técnico Internacional.
- [6]. Pascual H. O., Fata O. A., Albanese A. A., "Sistema de Medición de Impedancia en Tiempo Real, Utilizando una Placa Adquisidora sin Muestreo Simultaneo," *JORNADA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA UTN FRLP*, Buenos Aires, Argentina, 12 de octubre de 2011.
- [7]. Giménez Walter, Pascual Héctor, Neira Luis, Pérez Francisco, Cairo Daniel, Ramos Jorge, Alonso Gustavo y Moya Jorge, "TCT En Líneas de AT con Aisladores Poliméricos – Parte IV," *IV Congreso Internacional sobre Trabajos Con Tensión y Seguridad en Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica CITTES 2009*, Buenos Aires, Argentina, 21-24 de abril de 2009.



UTN  bhi



- [8]. Neira Luis, Pérez Francisco, Cairo Daniel, Ramos Jorge, Giménez Walter, Pascual Héctor, Alonso Gustavo, Moya Jorge, "Flaws Detection in Polymeric Insulator to HV Line in Service," *9th International Conference on Live Maintenance ICOLIM 2008*, Torun, Poland, June 4-6, 2008.
- [9]. Neira Luis, Pérez Francisco, Cairo Daniel, Alonso Gustavo, Ramos Jorge, Gimenez Walter, Pascual Héctor, Fata Omar y Albanese Ariel, "TCT En Líneas de AT con Aisladores Poliméricos – Parte III," *III Congreso Internacional sobre Trabajos Con Tensión y Seguridad en Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica CITTES 2007*, Potrero de los Funes, San Luis, Argentina, 17-20 de abril de 2007.
- [10]. Pascual Héctor, Sansogni F. H, Albanese A. A., "Metodología de Cálculo de Pérdidas Técnicas de Energía en Redes Eléctricas," *Congreso Latinoamericano de Distribución Eléctrica CLADE 2008*, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina, 22-24 de septiembre de 2008.
- [11]. Pascual Héctor, Albanese Ariel, Fata Omar y Bonavita Eduardo, "Determinación del Factor de Carga de Pérdidas de Energía en Redes Eléctricas de Media Tensión Mediante el Uso de Redes Neuronales," *Congreso Internacional de Distribución Eléctrica CIDEL Argentina 2010*, Buenos Aires, Argentina, 27-29 de septiembre de 2010.
- [12]. Di Palma C. A., Bellomo L. D. y Campos A., "Cálculo, Diseño y Requerimientos de Desempeño de Cables Ópticos OPGW para Operación Confiable del Sistema de Transmisión Digital en Redes de 500KV," *Décimo Quinto Encuentro Regional Iberoamericano del CIGRÉ (XV ERIAC 2013)*, Foz de Iguazú-PR, Brasil, 19-23 de mayo de 2013.
- [13]. Luis D. Bellomo, Omar A. Fata, Ariel A. Albanese, Héctor O. Pascual, "Solicitud Energética del cable OPGW en Líneas de 500 KV," *JORNADA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA 2013*, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata, Buenos Aires, Argentina, 09 de octubre de 2013.
- [14]. Pascual H. O., Albanese A. A., Fata O. A., Neira L. L., Perez F. A. y Schattenhoffer F., "Análisis del Desbalance en Redes de Distribución Argentinas, Contemplando la Reglamentación Nacional Vigente al Respecto," *Décimo Quinto Encuentro Regional Iberoamericano del CIGRÉ (XV ERIAC 2013)*, Foz de Iguazú-PR, Brasil, 19-23 de mayo de 2013.
- [15]. Héctor O. Pascual, Omar A. Fata, Luis D. Bellomo, Ariel A. Albanese, Luis L. Neira, Francisco A. Pérez y Federico Schattenhoffer, "Caracterización del Desbalance en Redes de Distribución Eléctricas Argentinas, a través del Factor de Desbalance Contemplando la Reglamentación Vigente," *Revista TECNOLOGÍA Y CIENCIA*, ISSN 1666–6917 (impresa) - ISSN 1666–6933 (en línea), Buenos Aires, Argentina.
- [16]. Pascual Héctor O., Bellomo Luis D., Fata Omar A., Albanese Ariel A., Neira Luis L., Pérez Francisco A. y Schattenhoffer Federico, "Análisis del factor de desbalance homopolar en redes de distribución argentinas, contemplando la reglamentación nacional vigente al respecto," *Congreso Internacional de Distribución Eléctrica CIDEL Argentina 2014*, Buenos Aires, Argentina, septiembre de 2014.
- [17]. Pascual Héctor O., Bellomo Luis D., Fata Omar A., Albanese Ariel A., Neira Luis L., Pérez Francisco A. y Schattenhoffer Federico, "Análisis del factor de desbalance homopolar en redes de distribución argentinas, contemplando la reglamentación nacional vigente al respecto," *Revista Electrotécnica dentro de la revista Ingeniería Eléctrica*, en su N°: 299 de junio de 2015, Editor: Editores SRL, pags: 40-45 versión impresa y (http://www.editores-srl.com.ar/revistas/ie/299/aea_analisis_del_factor_de_desbalance_homopolar) versión online.
- [18]. Pascual Héctor O., Bellomo Luis D., Fata Omar A. y Albanese Ariel A., "Caracterización de las pérdidas de transformadores de tensión frente a una alimentación desbalanceada," *Congreso Internacional de Distribución Eléctrica CIDEL Argentina 2014*, Buenos Aires, Argentina, septiembre de 2014.

- [19]. Maccarone J., Nahuel L., D´Ambrosio M., Da Conceicao E., De Paoli M., Marchesini J., Mendez L., “Métodos y tecnología informática para el desarrollo de sistemas de gerenciamiento energético aplicado a PyMEs,” *JORNADA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA 2013*, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata, Buenos Aires, Argentina, 09 de octubre de 2013.
- [20]. Leopoldo Nahuel, José Maccarone, Javier Marchesini, Marcelo D´ Ambrosio, Matías De Paoli, “Instrumentos de Relevamiento y Tecnología Informática en apoyo al gerenciamiento energético en organizaciones,” *IVº Jornada del Programa de Tecnología de las Organizaciones*, UTN F.R. Rosario, Argentina, 26 de junio de 2014.
- [21]. Maccarone José, Hernández Luis, Odovez Norberto, Fernandez Jorge, Torres José, Pitman Juan, D´Angona Pablo, Castro Jorge, “Red Tecnológica Nacional sobre Eficiencia Energética,” *Congreso Internacional de Distribución Eléctrica (CIDEL 2014)*, Hotel Panamericano, Buenos Aires, Argentina, 22 al 24 de septiembre de 2014.
- [22]. Nahuel Leopoldo, Maccarone José Luis, Marchesini Javier, Matías De Paoli, Marcela Rognoni, Gastón Andres, María García Rodrigo, “Un marco tecnológico para desarrollo de herramientas Software aplicado a Gestión Eficiente de Energía Eléctrica,” *IV Seminario Nacional de Energía y su Uso Eficiente*, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Gral. Pacheco, Argentina, Año 2014, ISSN2422-555X.
- [23]. Maccarone José Luis, Nahuel Leopoldo, Fata Omar, D´Ambrosio Marcelo, “Instrumentos de Relevamiento Energético Inicial para Organizaciones,” *IV Seminario Nacional de Energía y su Uso Eficiente*, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Gral. Pacheco, Argentina, Año 2014, ISSN2422-555X.
- [24]. José L. Maccarone, Leopoldo Nahuel, Omar Fata, Marcelo D´Ambrosio y Marcelo Gil, “DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA PARQUES INDUSTRIALES – CON BASE EN LA NORMA IRAM / ISO 50001 DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SUS GUIAS DE APLICACIÓN,” *1º Congreso de Investigación y Transferencia Tecnológica en Ingeniería Eléctrica*, General Pacheco, Buenos Aires, Argentina, 16 al 18 de Septiembre de 2015. (9 páginas).



UTN  bhi



VI Seminario Nacional de Energía y su Uso Eficiente

Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional
Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado. Universidad Tecnológica Nacional

RedTecNEE

Herramienta para el seguimiento y control de la situación energética de un Parque Industrial con vistas a implementar y/o certificar la norma ISO 50001 de Gestión y Eficiencia Energética

*José L. Maccarone*¹, *Marcelo R. Gil*², *Leopoldo Nahuel*³, *Osvaldo Pascual*¹
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata, Av. 60 s/n° esq.124 – La Plata –
Buenos Aires– República Argentina
josmacca@gmail.com

¹Grupo de Investigación Tratamiento de Señales en Sistemas Eléctricos, TSSE, Dpto Electrotecnia

²Grupo GETyP UTN Dpto. Industrial

³Grupo de I&D Aplicado a Sistemas Informáticos - GIDAS, Dpto. de Sistemas

Resumen

En la Argentina se venía implementando, hasta hace muy poco tiempo, subsidios a nivel nacional para la energía eléctrica y el gas, que intentaban alivianar los costos de producción industrial. Al existir los subsidios, las empresas no tenían una cierta y concreta motivación para realizar acciones orientadas al logro de la eficiencia en el consumo y uso energético.

Las grandes empresas, por su estructura, tienen forma de afrontar en corto plazo planes que tiendan a lograr reducciones en el consumo y uso de las energías para la producción, pero para las PyMEs, es más complicado.

Sin embargo en la actualidad las pequeñas y medianas empresas tienden a agruparse en parques industriales, en la Argentina ya hay más de 300 agrupamientos industriales. Las empresas logran obtener diferentes beneficios como consecuencia de formar parte de equipos de trabajo en temas comunes del agrupamiento.

Aprovechando esta ventaja que ofrece el agrupamiento, este grupo ha trabajado en caracterizar un parque industrial desde la visión energética e implementar la norma de gestión y eficiencia energética tomando como organización a todo el parque industrial.

Los resultados esperados, son los métodos de trabajo, determinación de líneas base e indicadores, para el seguimiento, control y certificación de la norma IRAM/ISO 50001, lo cual dará un orden adecuado para la planificación de acciones que impacten en reducción del consumo y uso de los energéticos de las PyMEs del Parque Industrial. Como así también podrá servir de referencia para replicar en algún otro agrupamiento industrial.

Palabras claves: Sistema Gestión Energética – Parque Industrial

Área temática: Uso racional y eficiente de la energía, medio ambiente

Introducción

El consumo de energía creciente por parte de la humanidad, en pos de mejores condiciones de vida y confort, hace necesario que se desarrollen mecanismos de ahorro de la energía en busca de un uso racional y sustentable de la misma en los sistemas productivos. Los sistemas de gestión de la energía buscan impactar directamente en la productividad y competitividad de las organizaciones productivas de bienes y servicios.

Para promover la implementación de sistemas de gestión energéticos en las pequeñas y medianas empresas se ha desarrollado una herramienta informática. Esta aplicación permite realizar el seguimiento del sistema de gestión energética, desde las auditorías hasta evaluar las medidas de ahorro energético y los planes de mejora implementados.

La herramienta permite realizar el análisis energético del proceso y la evaluación de los consumos específicos de los equipos. Además, permite evaluar las mejoras energéticas más comunes, obteniéndose como resultado el ahorro energético, reducción de las emisiones previstas y la rentabilidad alcanzada.

Como base se utiliza la norma ISO-IRAM 50001 la cual es un instrumento que busca la eficiencia y el ahorro energético en las organizaciones, impactando en la estructura de costos de la organización. El modelo que sigue la norma es el proceso de Planificar-Hacer-Verificar- Actuar para gestionar y mejorar las operaciones y el rendimiento energético de la organización.

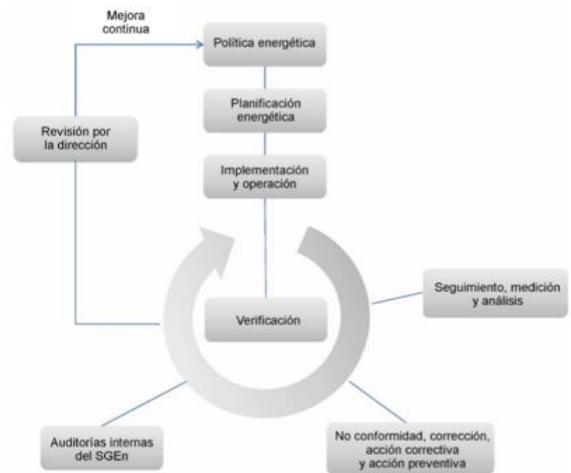


Figura 1 Ciclo de Mejora Continua

Las cuatro etapas para la implantación, funcionamiento y el sostenimiento de un sistema de gestión se pueden apreciar en el siguiente esquema de procesos.

		Planificar	Hacer	Verificar	Actuar	
Alta gerencia	Diagnostico inicial	Responsabilidad de la alta gerencia ↓ Representantes de la alta gerencia ↓ Política Energética			Revisión de la alta gerencia	
Requisitos modulares		Planificación Energética ↓ Uso presente y pasado de energía → Análisis, uso y consumo de energía ↓ Desempeño y variables que lo afectan → Uso significativo de energía ↓ Oportunidades de mejora del desempeño	Línea base ↓ IDES ↓ Objetivos ↓ Metas ↓ Plan de acción	Control Operacional ↓ Diseño de nuevos proyectos y compra de equipos	Monitoreo, medición y análisis	
Estructurales			Entrenamiento y sensibilización ↓ Comunicación ↓ Documentación y registro	Auditoria interna, no conformidades, correcciones, acciones correctivas y acciones preventivas		

Figura 2 Etapas del SGE



Las principales tareas que plantea el sistema son: el desarrollo de una política energética más eficiente, llevar adelante revisiones energéticas para identificar las mejoras en el uso racional de la energía, el de fijar metas objetivas y por otro lado controlar la sostenibilidad y efectividad del sistema de gestión de la energía. Mientras que los principales objetivos del sistema serán: la mejor utilización de los recursos energéticos, la promoción del uso de tecnologías más eficientes y con menor impacto ambiental y gestionar la comunicación interna y externa del sistema de gestión de la energía.

Desarrollo

La herramienta tiene la configuración de un cuadro de mando integral dinámico en donde están identificados los principales puntos del sistema de gestión de la energía. Es una herramienta dinámica compuesta por 3 partes, una parte en la cual se introducen datos, algunos de esos datos son fijos en un cierto tiempo y otros se actualizan periódicamente a través de otros documentos interrelacionados, otra parte que oficia de soporte de cálculos y comparaciones, compuesta por planillas de cálculos y/o algoritmos y una tercera parte en la cual se pueden ver los componentes del cuadro de mando y los resultados que permiten a la organización el seguimiento periódico del SGE y permite la toma de decisiones. En la parte superior de la pantalla tendremos acceso a la política energética, el alcance que tendrá el sistema y el organigrama en donde estarán los responsables del sistema de gestión de la energía de la organización.

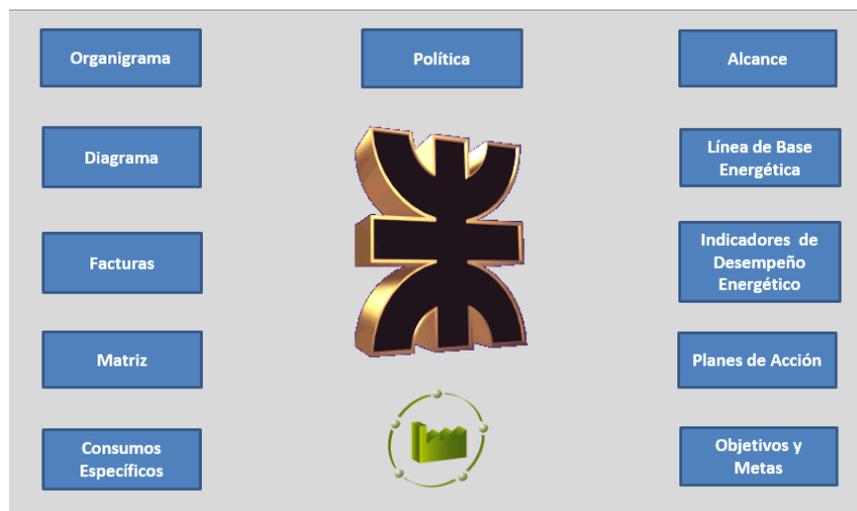


Figura 3 Cuadro de Mando del SGE

En la parte media e inferior tendremos los principales puntos de la planificación energética, desde el análisis de facturación, ¿cómo se compra energía?, el diagrama de procesos, ¿cómo y dónde se utiliza la energía? y finalmente la generación de una línea base energética y los objetivos y metas y el conjunto de los planes de acción necesarios para alcanzarlos.

Política de Gestión de la Energía

La organización asume el compromiso de utilizar eficientemente la energía en sus instalaciones y actividades con el propósito de preservar los recursos naturales, reducir la emisiones atmosféricas, contribuir a mitigar los efectos del cambio climático y mejorar su posicionamiento competitivo

La organización impulsará los programas de eficiencia energética, asegurando que la organización trabaje de acuerdo con los principios establecidos en esta política

La Organización establecerá objetivos y metas para la mejora del desempeño energético y la reducción de las correspondientes emisiones de GEI. Asimismo, se asegurará la disponibilidad de la información y los recursos necesarios

La Organización mejorará de manera continua el uso de los recursos energéticos en sus instalaciones y actividades durante todo el ciclo de vida de las mismas, optimizando la tecnología y diseño de los procesos, así como la operación de las instalaciones y apoyando la adquisición de productos y servicios energéticamente eficientes.

Figura 4 Política Energética

Política, alcance y organigrama

La participación y compromiso de la dirección de la organización es crítica para el éxito del Sistema de Gestión de La Energía. Esta deberá determinar la política energética de la organización, el alcance y el límite del sistema dentro de la organización además de su continua revisión.



Figura 5 Alcance del SGE

Alcance y Limite del SGE

La empresa cuenta con dos naves con una superficie aproximada de 10.000 m2, de los cuales 150 m2 están destinados a las actividades administrativas. Cuanta con tres áreas de producción bien definidas: molienda, extrusión e inyección y la de terminación y embalaje. El alcance del Sistema de Gestión de la Energía llega a todas las áreas y líneas de producción que cuenta la empresa.

Alcance del SGE	Todas las instalaciones
Limite del SGE	Procesos y equipos

Si bien seguramente el trabajo diario se delegue en el equipo de energía, el apoyo de la dirección es fundamental. Una vez que se tenga el compromiso de la dirección se formara el equipo de energía con el personal de la organización, de cada una de las áreas que tengan un uso significativo de la energía utilizada. Es importante que el equipo cuente con personal, por ejemplo: de

compras, de producción, de mantenimiento, de recursos humanos. El número de integrantes del equipo dependerá del tamaño de la organización. Se pueden apreciar los registros en donde quedaran documentos la política energética, el alcance del sistema de gestión de la energía y el organigrama del mismo.

Análisis de facturación

Uno de los pasos preliminares en la implantación del sistema es identificar los datos relacionados con la adquisición de la energía. Los recibos de consumo de energéticos permiten determinar por ejemplo del consumo de energía eléctrica: tipo de tarifa, tipo de suministro, demanda contratada en punta, demanda contratada fuera de punta, demanda registrada en punta, demanda registrada fuera de punta, excesos de demanda con penalización, penalización por factor de potencia. El análisis de datos se realizará sobre un periodo de 12 meses, mediante un motor de cálculo y comparación que entrega resultados y gráficos disponibles a través del cuadro principal de la herramienta.

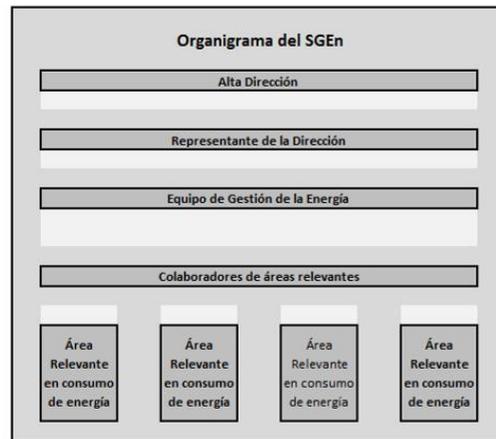
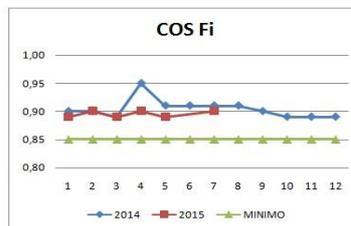
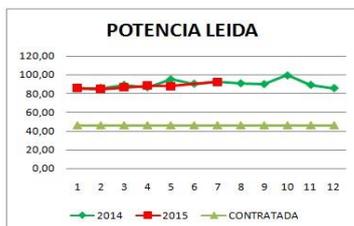


Figura 6 Organigrama

Figura 7 Seguimiento Compara Energía

		Potencia (kW)										Energía Activa (KWh)																																	
Año	Periodo	Estado Anterior (KW) lectura medidor	Estado Actual (KW) lectura medidor	Constante de Lectura	Demanda Leída (KW) (capacidad de suministro)	Capacidad Suministrada Contratada (KW)	Valor Unitario por Capacidad por Suministro	Cargo por Capacidad de Suministro (S)	Demanda Excedida (KW) (capacidad de suministro)	Valor Unitario por Capacidad Suministro Recargo en \$	Estado Anterior	Estado Actual	Constante de Lectura	Energía Consumida (KWh)	Valor Unitario Energía Sin Subsidio	Cargo Variable Por Energía Sin Subsidio	Valor Unitario de Energía Con Subsidio	Cargo Variable por Energía Con Subsidio	Res ENRE 347/12 Mant	Recargo Reactiv																									
		Se toma de cada factural	Es fórmula	No cargar	No cargar	Es fórmula	Es fórmula	Es fórmula	Es fórmula	Se toma de cada factural	No cargar	Es fórmula	No cargar	Es fórmula	No cargar	Es fórmula	Es fórmula	Es fórmula	mar fact																										
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #f2f2f2;">EDESUR</td> <td style="background-color: #f2f2f2;">000203674</td> <td style="background-color: #f2f2f2;">Constante</td> <td style="background-color: #f2f2f2;">40</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #f2f2f2;">Tarifa</td> <td style="background-color: #f2f2f2;">T2</td> <td style="background-color: #f2f2f2;">921</td> <td style="background-color: #f2f2f2;">BT</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #f2f2f2;">\$ Demanda</td> <td style="background-color: #f2f2f2;">15</td> <td style="background-color: #f2f2f2;">\$ Energía s/</td> <td style="background-color: #f2f2f2;">0,411</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #f2f2f2;"></td> <td style="background-color: #f2f2f2;"></td> <td style="background-color: #f2f2f2;">\$ Energía c/</td> <td style="background-color: #f2f2f2;">0,130</td> </tr> </table>										EDESUR	000203674	Constante	40	Tarifa	T2	921	BT	\$ Demanda	15	\$ Energía s/	0,411			\$ Energía c/	0,130	Empresa Ejemplo						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #f2f2f2;">Contratada KW</td> <td style="background-color: #f2f2f2;">46</td> <td style="background-color: #f2f2f2;">Manten</td> <td style="background-color: #f2f2f2;">22%</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #f2f2f2;"></td> <td style="background-color: #f2f2f2;"></td> <td style="background-color: #f2f2f2;"></td> <td style="background-color: #f2f2f2;"></td> </tr> </table>		Contratada KW	46	Manten	22%						
EDESUR	000203674	Constante	40																																										
Tarifa	T2	921	BT																																										
\$ Demanda	15	\$ Energía s/	0,411																																										
		\$ Energía c/	0,130																																										
Contratada KW	46	Manten	22%																																										
2015	12	164,74	166,88	40	85,60	46	15,00	\$ 1.284,00	39,60	\$ 297,00	36.286,00	36.700,00	40	16.560,00	0,411	\$ 6.806,16	0,130	\$ 2.152,80	\$ 347,82	\$ -																									
	1	166,88	169,02	40	85,60	46	15,00	\$ 1.284,00	39,60	\$ 297,00	36.700,00	37.024,00	40	12.960,00	0,411	\$ 5.326,56	0,130	\$ 1.684,80	\$ 347,82	\$ -																									
	2	169,02	171,14	40	84,80	46	15,00	\$ 1.272,00	38,80	\$ 291,00	37.024,00	37.337,00	40	12.520,00	0,411	\$ 5.145,72	0,130	\$ 1.627,60	\$ 343,86	\$ -																									
	3	171,14	173,30	40	85,40	46	15,00	\$ 1.296,00	40,40	\$ 303,00	37.337,00	37.768,00	40	17.240,00	0,411	\$ 7.085,64	0,130	\$ 2.241,20	\$ 351,78	\$ -																									
	4	173,30	175,51	40	88,40	46	15,00	\$ 1.326,00	42,40	\$ 318,00	37.768,00	38.174,00	40	16.240,00	0,411	\$ 6.674,64	0,130	\$ 2.111,20	\$ 361,68	\$ -																									
	5	175,51	177,71	40	88,00	46	15,00	\$ 1.320,00	42,00	\$ 315,00	38.174,00	38.560,00	40	15.440,00	0,411	\$ 6.345,84	0,130	\$ 2.007,20	\$ 359,70	\$ -																									
	6	177,71	177,71	40	2,40	46	15,00	\$ 690,00	-43,60	\$ -327,00				40	0,00	0,411	\$ -	0,130	\$ -	\$ 79,86	\$ -																								
7	177,77	180,08	40	92,40	46	15,00	\$ 1.386,00	46,40	\$ 348,00	38.952,00	39.626,00	40	26.960,00	0,411	\$ 11.080,56	0,130	\$ 3.504,80	\$ 381,48	\$ -																										



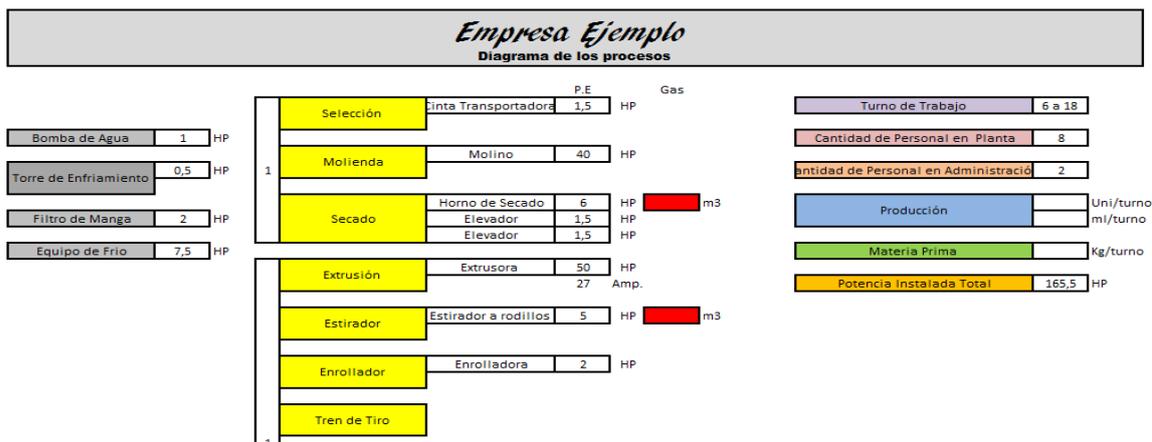
Los procesos y las instalaciones

Uno de los puntos claves para la toma de decisiones de mejora de la eficiencia energética es el conocimiento detallado de los procesos productivos, por lo que deberá ponerse especial énfasis en esta cuestión. Se pueden utilizar varias herramientas para describir y representar los procesos productivos y las instalaciones utilizadas por el mismo. Una de esta puede ser la memoria descriptiva de la instalación la cual es una breve descripción, detallando las áreas más importantes de la industria, los diferentes procesos que tienen lugar, los equipos, la maquinaria, las oficinas, las instalaciones características de cada zona y cualquier otra información que pueda tener especial interés. Otra de las formas es la representación gráfica del proceso.

Diagrama de proceso

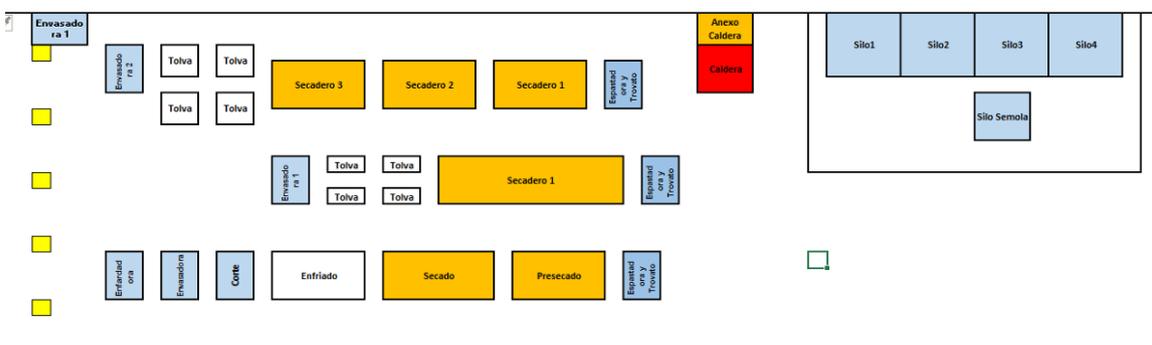
El proceso productivo podrá ser representado mediante un diagrama de bloques o de procesos en donde figuraran sus operaciones básicas, sus particularidades y sus condicionantes. En dicho proceso se podrá verificar las transformaciones de la materia primas en productos finales e incluirá las principales operaciones, se identificará las líneas de proceso que trabajan independientemente y las que trabajan secuencialmente y reflejara las aportaciones de energía que abastecen cada proceso. Como podemos ver en las siguientes representaciones que presenta la herramienta desarrollada.

Figura 8 Diagrama de Proceso



También es factible la representación de la distribución en planta del sistema productivo, mediante un lay out de las instalaciones.

Figura 9 Lay Out instalaciones



Tanto en una representación como en la otra es factible realizar un análisis dinámico, modificando algunas de las variables para determinar el impacto en el consumo energético del sistema productivo.

Los equipos dentro del proceso de producción

Para el análisis del proceso y su representación es importante identificar y clasificar los equipos consumidores de energía eléctrica y térmica según su consumo, potencia y eficiencia. Dependiendo del tamaño de la industria el número de las maquinas puede ser muy extenso. Es necesario centrarse en los equipos que o bien por su potencia unitaria o por su número elevado en el conjunto total, suponen valores de consumo energéticos relevantes dentro del conjunto. En el inventario de estos equipos se intentará aportar todos los datos característicos de cada equipo. Será necesario recoger toda la información referente al combustible utilizado, al número de equipos totales, la potencia unitaria, su eficiencia y muy importante su régimen de funcionamiento y su posición dentro del proceso.

Figura 10 Equipos Principales

Usos	Descripción
Iluminación	Luz artificial que permite prolongar el horario de las actividades humanas durante la noche y servir de complemento a la luz natural durante el día, cuando esta no es suficiente.
Generación de Vapor	Equipo destinado a producir vapor mediante calentamiento de agua con una fuente de calor a través de un intercambiador de calor. El vapor destinado a transferir calor a proceso de producción.
Cogeneración de vapor	En este caso el vapor de procesos es generado simultáneamente a otro tipo de energía de utilidad en procesos industriales, que puede ser electricidad o fuerza motriz. Esto es posible, por ejemplo, con turbinas de vapor a contrapresión, abastecidas de vapor desde una caldera de vapor sobrecalentado, la turbina genera simultáneamente fuerza motriz en su eje o electricidad y vapor de procesos; esto es cogeneración.
Otras calderas	Caldeas destinadas a producir agua caliente u otro fluido caliente, como aceite térmico, usando una fuente de calor. Estos fluidos calientes también aportan calor a procesos
Calor directo	Equipo de distintas formas geométricas revestido, generalmente de material refractario, destinado a calentar materiales, a alta o media temperatura, para provocar transformaciones físicas o químicas o, incluso el simple calentamiento sin transformación
Fuerza motriz	Equipos que transforman la energía eléctrica o térmica en energía mecánica. Normalmente motores de eléctricos de inducción, motores de combustión interna o turbinas de vapor o de gas incorporadas en equipos tales como molinos, envasadoras, correas, transportadoras, bombas, compresores de aire o motores de uso general.
Frio de Proceso	Equipo, normalmente incluye compresores de refrigeración, que utiliza la energía para la producción de frio destinado básicamente a prolongar el período durante el cual los productos agroindustriales se mantiene sin sufrir descomposición.
Transporte interno	Se refiere al movimiento de personas o cargas por medio de diferentes tipos de vehículos en el interior del establecimiento. Se refiere a auto elevadores, montacargas, tractores, carros, etc.
Electroquímico	Utilización de la energía eléctrica para actividades de la química industrial, excluidas las aplicaciones térmicas. Entre otros: electrólisis, anodizado, galvanizado, etc.
Usos no productivos	Empleo de la energía en uso tales como : cocción de alimentos , el calentamiento de agua sanitaria y la calefacción de ambientes.
Usos no energéticos	Empleo de derivados del petróleo para fines tales como la limpieza de equipos , la lubricación de los mismos , solventes, etc.

Insertadora	BORGHI SMART-V2		
Modelo	INTELIGENTE V2		
Escribe	Cepillería máquina - Hogar		
Ejes	4 (versión PLUS: 5)		
Herramientas de llenado	2		
Taladros	3		
Ciclo	Continua		
Carrera (mm)	85	140	200
Velocidad (mechones / min)	840	660	550
Longitud de la fibra Max (mm)	300	420	500
Mín. longitud de la fibra (mm)	40	40	60
Herramienta de llenado máximo (mm)	7,5		
Herramienta de llenado mínimo (mm)	2,0		
Consumo de energía (Kw)	4,3		
Potencia instalada (Kw)	12		
Consumo de aire comprimido (NL / h)	170		
La presión del aire comprimido (bar)	7		
Peso (kg)	3300		
Dimensiones (LxPxH, mm)	2470	2960	2510

Dentro de una industria los mayores consumos de energía se pueden encontrar dentro de equipos e instalaciones tales como: calderas de vapor, caldera de agua sobrecalentada, generadores de aire caliente, producción de aire comprimido (compresores), producción de frio (grupo frigorífico), equipos para la climatización y aire acondicionado, motores eléctricos, iluminación interior y exterior. En todos los casos como ya se expresó será necesario tener debidamente documentado las características de los equipos e instalaciones involucrados directa o indirectamente en el sistema de producción bajo análisis.

Figura 11 Ficha de un equipo

La Planificación Energética

La planificación es la actividad central para la implementación de un sistema de gestión energética. La misma implica como mínimo realizar una revisión energética minuciosa del consumo actual de energía con el objetivo de identificar las áreas con un uso significativo de energía. Identificar las fuentes energéticas actuales e identificar el uso y consumo actual y anterior. Para ello utilizaremos la representación del proceso descrito con anterioridad.

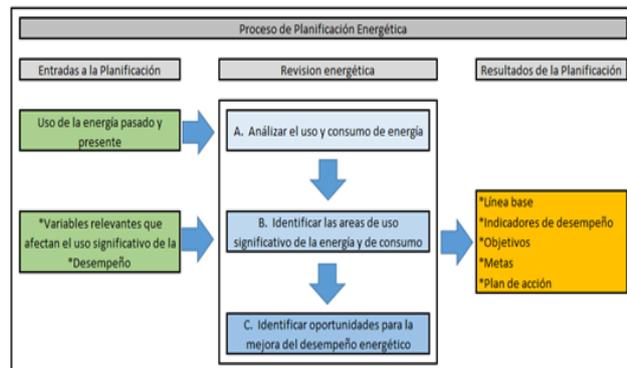


Figura 12 Proceso de Planificación Energética

La actividad buscar identificar los usos significativos de la energía y centrar el esfuerzo en aquellas áreas que proporciona el mejor retorno energético. En el cuadro se pueden apreciar los principales usos de la energía en una industria.

La línea base de consumo y los indicadores energéticos

La revisión energética proporciona la información necesaria para establecer el punto de referencia energética de la organización y así poder medir los cambios en el rendimiento energético. Con la información generada, la organización debe definir los indicadores de rendimiento energético adecuados, que podrán ser un parámetro, una ratio o un modelo complejo. La aplicación puede documentar la línea base y los indicadores definidos para su seguimiento y revisión.

Usos de la Energía	%
Iluminación	0,2%
Calor directo	40,9%
Fuerza motriz	52,0%
Transporte interno	0,0%
Usos no productivos	6,9%
Total	100,00%

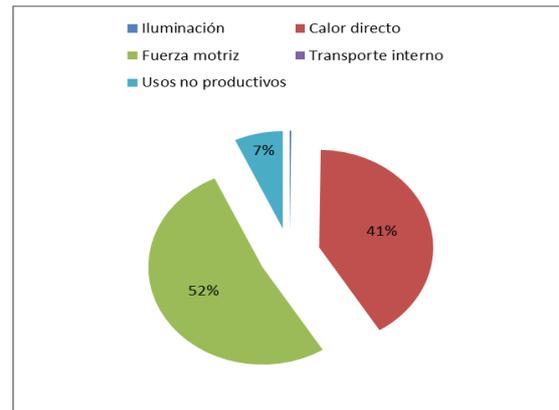


Figura 13 Usos de la Energía

Fijar objetivos, metas y planes de acción energéticos.

Del análisis del proceso y de la revisión energética la organización podrá identificar las oportunidades de mejora y definir los objetivos, metas y planes de acción. Los objetivos y metas deben estar de acuerdo con la política energética de la empresa y estar documentado la programación con los periodos de tiempo para su concreción.

En el caso de los planes de mejora seleccionados se podrá realizar su evaluación técnica y económica antes y el seguimiento y evaluación del impacto generado luego de su aplicación.

Calderas	
Cambio de combustible	<input type="checkbox"/>
Instalación de un economizador	<input type="checkbox"/>
Instalación de un recuperador	<input type="checkbox"/>
Control de la combustión	<input type="checkbox"/>
Recuperación de calor de purgas	<input type="checkbox"/>
Recuperación de condensados	<input type="checkbox"/>

Distribución de vapor	
Sustitución de purgadores	<input type="checkbox"/>
Recuperación de re vaporizado	<input type="checkbox"/>
Eliminación de las laminaciones de vapor	<input type="checkbox"/>
Reducción de fugas en tuberías	<input type="checkbox"/>
Recuperación del condensado a presión	<input type="checkbox"/>
Aislación de tuberías y accesorios	<input type="checkbox"/>

Calderas	<input checked="" type="checkbox"/>
Distribución de vapor	<input checked="" type="checkbox"/>
Secaderos	<input type="checkbox"/>
Hornos	<input type="checkbox"/>
Sistemas de producción de frío	<input type="checkbox"/>
Motores eléctricos	<input type="checkbox"/>
Sistemas de aire comprimido	<input type="checkbox"/>
Sistemas de iluminación	<input type="checkbox"/>
Sistemas de climatización	<input type="checkbox"/>

Figura 14 Objetivos, Planes Acción

Sostenibilidad y efectividad del sistema de gestión de la energía

Desde el punto de vista estructural del sistema de gestión de la energía, la organización tiene que llevar adelante actividades cuyo objetivo sea por ejemplo el de asegurar que toda persona que pertenece a la misma y realice tareas relacionadas con los usos de la energía sea competente con una formación adecuada. Además de la formación del personal uno de los puntos más importantes en la implantación del sistema es la comunicación interna como externa de la organización para dar a conocer las actividades desarrolladas por sistema de gestión de la energía. Por último, el sistema deberá contar con un mecanismo para el control de documentos y registros, como podemos ver en la siguiente imagen que entrega la aplicación.

Figura 15 Sostenibilidad del SGE

Punto Norma	Procedimiento		Registros derivados																																		
	Código	Nombre	Código	Nombre																																	
4.1	MGE 00	Manual de SGE	-	-																																	
4.3	-	Política Energética	-	-																																	
4.4.2	PGE 01	Requisitos legales y otros requisitos	RG-01-01	Registro de requisitos energéticos																																	
4.6.2			RG-01-02	Matriz Usos Energéticos Identificados																																	
4.4.3	PGE 02	Revisión energética y línea de base de la energía	<table border="1"> <tr> <td><i>Empresa Ejemplo</i></td> <td>CONTROL DE DOCUMENTOS Y REGISTROS</td> <td>PGE-06 Rev.: 01</td> </tr> </table>		<i>Empresa Ejemplo</i>	CONTROL DE DOCUMENTOS Y REGISTROS	PGE-06 Rev.: 01																														
<i>Empresa Ejemplo</i>					CONTROL DE DOCUMENTOS Y REGISTROS	PGE-06 Rev.: 01																															
4.4.4																																					
4.4.6	PGE 03	Objetivos, metas y planes de acción para la gestión de la energía	<table border="1"> <tr> <td><i>Empresa Ejemplo</i></td> <td>AUDITORIAS INTERNAS</td> <td>PGE-10 Rev.: 01</td> </tr> </table>		<i>Empresa Ejemplo</i>	AUDITORIAS INTERNAS	PGE-10 Rev.: 01																														
<i>Empresa Ejemplo</i>	AUDITORIAS INTERNAS	PGE-10 Rev.: 01																																			
4.5.2	PGE 04	Competencia, formación y toma de conciencia																																			
4.5.3	PGE 05	Comunicación	<table border="1"> <tr> <td colspan="3">TITULO:</td> </tr> <tr> <td colspan="3">AUDITORIA INTERNA</td> </tr> <tr> <td colspan="3">CONTENIDO:</td> </tr> <tr> <td colspan="3">I.- PROPOSITO.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">II.- ALCANCE.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">III.- DEFINICIONES.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">IV.- PROCEDIMIENTO.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">V.- REFERENCIAS.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">VI.- ANEXOS.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">ITEM MODIFICADO</td> </tr> <tr> <td colspan="3">MODIFICACION</td> </tr> </table>		TITULO:			AUDITORIA INTERNA			CONTENIDO:			I.- PROPOSITO.			II.- ALCANCE.			III.- DEFINICIONES.			IV.- PROCEDIMIENTO.			V.- REFERENCIAS.			VI.- ANEXOS.			ITEM MODIFICADO			MODIFICACION		
TITULO:																																					
AUDITORIA INTERNA																																					
CONTENIDO:																																					
I.- PROPOSITO.																																					
II.- ALCANCE.																																					
III.- DEFINICIONES.																																					
IV.- PROCEDIMIENTO.																																					
V.- REFERENCIAS.																																					
VI.- ANEXOS.																																					
ITEM MODIFICADO																																					
MODIFICACION																																					
4.5.4	PGE 06	Documentación																																			
4.5.5	PGE 07	Diseño y control operacional	<table border="1"> <tr> <td colspan="3">TITULO:</td> </tr> <tr> <td colspan="3">AUDITORIA INTERNA</td> </tr> <tr> <td colspan="3">CONTENIDO:</td> </tr> <tr> <td colspan="3">I.- PROPOSITO.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">II.- ALCANCE.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">III.- DEFINICIONES.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">IV.- PROCEDIMIENTO.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">V.- REFERENCIAS.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">VI.- ANEXOS.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">ITEM MODIFICADO</td> </tr> <tr> <td colspan="3">MODIFICACION</td> </tr> </table>		TITULO:			AUDITORIA INTERNA			CONTENIDO:			I.- PROPOSITO.			II.- ALCANCE.			III.- DEFINICIONES.			IV.- PROCEDIMIENTO.			V.- REFERENCIAS.			VI.- ANEXOS.			ITEM MODIFICADO			MODIFICACION		
TITULO:																																					
AUDITORIA INTERNA																																					
CONTENIDO:																																					
I.- PROPOSITO.																																					
II.- ALCANCE.																																					
III.- DEFINICIONES.																																					
IV.- PROCEDIMIENTO.																																					
V.- REFERENCIAS.																																					
VI.- ANEXOS.																																					
ITEM MODIFICADO																																					
MODIFICACION																																					
4.5.6																																					
4.5.7	PGE 08	Compras	<table border="1"> <tr> <td colspan="3">TITULO:</td> </tr> <tr> <td colspan="3">AUDITORIA INTERNA</td> </tr> <tr> <td colspan="3">CONTENIDO:</td> </tr> <tr> <td colspan="3">I.- PROPOSITO.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">II.- ALCANCE.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">III.- DEFINICIONES.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">IV.- PROCEDIMIENTO.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">V.- REFERENCIAS.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">VI.- ANEXOS.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">ITEM MODIFICADO</td> </tr> <tr> <td colspan="3">MODIFICACION</td> </tr> </table>		TITULO:			AUDITORIA INTERNA			CONTENIDO:			I.- PROPOSITO.			II.- ALCANCE.			III.- DEFINICIONES.			IV.- PROCEDIMIENTO.			V.- REFERENCIAS.			VI.- ANEXOS.			ITEM MODIFICADO			MODIFICACION		
TITULO:																																					
AUDITORIA INTERNA																																					
CONTENIDO:																																					
I.- PROPOSITO.																																					
II.- ALCANCE.																																					
III.- DEFINICIONES.																																					
IV.- PROCEDIMIENTO.																																					
V.- REFERENCIAS.																																					
VI.- ANEXOS.																																					
ITEM MODIFICADO																																					
MODIFICACION																																					

Resultados

Existen resultados ya logrados, como el caso de la herramienta de gestión energética, la cual se fue desarrollando como fruto de la propia actividad de extensión llevada a cabo en un Parque Industrial, tomando al conjunto de empresas que la componen como base de pruebas, desarrollo y adaptación de la herramienta de gestión energética.

Al mismo tiempo se está utilizando dicha herramienta para implementar en el Parque Industrial el Plan de Gestión Energética en su conjunto, en una primera etapa se trabaja con un 30 % de las empresas del Parque. Y al momento de la presentación de este trabajo el plan se encuentra en la etapa de análisis de procesos de las empresas intervinientes.

Mientras que el resultado final esperado luego de concluir con los primeros pasos del Plan de Gestión Energética, será el de posicionar al parque industrial a un escalón para la certificación de la Norma IRAM / ISO 50001.

Conclusiones

Se ha propuesto y desarrollando una herramienta de gestión energética para ser utilizada en los Parques Industriales integradas por PyMEs que sigue los lineamientos de la norma IRAM ISO 50001 sobre Gestión de la Energía para Organizaciones.

Se puede concluir que si bien las pequeñas y medianas empresas en estudio, tienen un conocimiento de los conceptos de la gestión energética y la importancia del ahorro energético no tiene dentro de su plantel personal abocado específicamente a la temática por lo que la herramienta desarrollada servirá de ayuda para la implementación y posterior certificación del sistema de gestión energética dentro de la organización.

Se prevé que la herramienta pueda ser utilizada on-line por la organización previa capacitación de su personal.

Propuestas

Este método de trabajo y seguimiento de un plan de gestión energética podría aplicarse a otros aglomerados productivos, porque la herramienta no responde específicamente a un sector determinado, sino que se centra en la energía utilizada y transformada.

El trabajo da la pauta para llevar a cabo la integración con otras áreas de la organización como ser las relacionadas a costos y presupuestos y la de planificación y control de la producción.

Si bien las empresas tienen conciencia del uso racional de los recursos energéticos, de los costos de generación de la energía y del impacto que generan en el medio ambiente, en muchos casos son refractarias a la implementación de sistemas de gestión energética por lo que sería importante un estímulo por parte del estado nacional.

Referencias

- [1] International Organization for Standardization (ISO) - www.iso.org
- [2] Conceptos sobre Energía (Publicación del Ministerio de Energía y Minería de la Nación) <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3477>
- [3] Energía Eléctrica y medio ambiente, Endesa Educa: http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-laelectricidad/xxv.-la-energia-electrica-y-el-medio-ambiente#energia%20electronica
- [4] Leopoldo, Nahuel; Maccarone, José; Marchesini Javier; Matías De Paoli; Rognoni, Marcela; Andres, Gastón; María García, Rodrigo; Mendez, Lautaro. (2014). "Un Marco de Trabajo para la construcción de Tecnologías Aplicadas Autogerenciamiento Energético en apoyo al desarrollo competitivo de PyMEs". Ingeniería 2014. Buenos Aires. Argentina.
- [5] Leopoldo, Nahuel; Maccarone, José; Marchesini Javier; Matías De Paoli; Rognoni, Marcela; Andres, Gastón; María García, Rodrigo; Mendez, Lautaro. (2014). "Un Marco Tecnológico para desarrollo de herramientas software aplicado a Gestión Eficiente de Energía Eléctrica". IV° SEMINARIO NACIONAL DE ENERGÍA Y SU USO EFICIENTE UTN - Facultad Regional General Pacheco. Argentina.
- [6] ENMA Tool - producto del PID Desarrollo de Instrumentos de Relevamiento Energético y Algoritmos necesarios para un Software de Gestión Energética de Organizaciones. Homologado por la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado del Rectorado de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) con código ENIANLP3530 y financiado por SCyT de la UTN - Facultad Regional La Plata y SCTyP del Rectorado UTN.



UTN  bhi



VI Seminario Nacional de Energía y su Uso Eficiente

Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional
Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado. Universidad Tecnológica Nacional

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR INDUSTRIAL DE TRENQUE LAUQUEN.

Dido, Claudia¹, Calvo, Lucila², Mieres, Franco³
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Trenque Lauquen.
Racedo 298.

¹ cdido@frtl.utn.edu.ar

² calvolucila@hotmail.com.ar

³ fmieres@frtl.utn.edu.ar

RESUMEN

La energía es un elemento clave dentro de la sociedad y del modelo productivo actual. El crecimiento económico, el constante aumento del consumo de energía, el agotamiento de reservas de combustibles fósiles y la concentración de las mismas en escasas regiones del mundo, implican inevitablemente llevar a cabo un cambio en nuestro modelo energético. Es imprescindible desarrollar un sistema de vida y de trabajo que ahorre energía, estimulando el aprovechamiento de fuentes primarias renovables e implementando una elevada eficiencia energética en el aprovechamiento de las energías finales.

Considerando como factor fundamental a la Eficiencia en las estrategias energéticas, se conformó un equipo de investigación en la FRTL para abordar la temática en el Sector Industrial Planificado de Trenque Lauquen con preeminencia en la industria láctea. La Facultad se localiza en el epicentro de la Cuenca Oeste Lechera de la Provincia de Buenos Aires, la cual disputa el segundo lugar en producción a nivel nacional y el primero en tecnologías aplicadas.

Se pretende analizar las alternativas de reducción y adecuación energética con base en la norma IRAM / ISO 50001 y sus guías de referencia para la Gestión de la Energía en las Organizaciones.

Se realizará la actualización de la información de las industrias disponibles, se efectuarán los relevamientos energéticos y productivos correspondientes, para generar la caracterización energética que permitirá elaborar propuestas de acciones que mejoren la gestión energética de las empresas y del sector en su conjunto.

Se buscará generar un ámbito de integración de conocimientos, actividades académicas y científico-tecnológicas, con el fin de contribuir al estudio de la eficiencia energética que beneficie al sector productivo, alentando el ahorro de energía y el desarrollo sostenible, mediante la interacción, cooperación y transferencia entre las empresas y la Universidad, generando un aporte de información del noroeste de la Provincia de Buenos Aires a la Red de Eficiencia Energética de la UTN.

Palabras clave: Eficiencia Energética, Sector Industrial, Industria Láctea, Trenque Lauquen, Gestión energética.



1. Introducción

La eficiencia energética es un factor que se encuentra al alcance de la mano en el árbol de la energía, que puede ayudar a resolver una serie de objetivos al mismo tiempo y a un costo bajo en seguridad del suministro, impacto ambiental, competitividad, balanza comercial, la necesidad de inversión, aspectos sociales y otros, según el Consejo Mundial de Energía. [1]

El informe del WEC 2010 presenta y evalúa las políticas de eficiencia energética y las tendencias en unos 90 países de todo el mundo, para realizar la elección de las políticas y medidas de eficiencia energética de todo el mundo sobre la base de un estudio mundial amplio.

Esto denota el interés de organismos mundiales sobre la temática que a pesar de su significativo potencial de ahorro energético, la eficiencia energética está aún lejos de poner en práctica este potencial.

A nivel mundial las emisiones de CO₂ derivadas del uso de energía fueron un 40% mayor en 2008 que en 1990.

Muchos países importadores de energía protegen a sus consumidores de los aumentos del precio del petróleo mediante el mantenimiento de los precios subsidiados de algunos combustibles. Esto tiene un impacto negativo en las finanzas públicas, que se hizo especialmente evidente en los últimos años con el alza del precio del petróleo.

Las subvenciones suelen actuar como un desincentivo importante para las inversiones en eficiencia energética, y limitar el alcance y rentabilidad de las empresas de servicios energéticos.

En Argentina se está proponiendo un nuevo debate centrado en la definición de los roles del mercado y del estado, los campos en los que se divide la Energía, las formas de financiamiento de las inversiones, el rol de los consumidores y usuarios en los pagos, y subsidiados; ajustado en las formas más convenientes de explotación de dotación de recursos energéticos primarios renovables y no renovables que son finitos. De acuerdo al INAE "General Mosconi" ...*la Economía de la Energía debe jugar un rol central, porque nadie nos regalará nada y todo deberá ser hecho con nuestro propio esfuerzo como nación...* [2]

En este contexto se impulsan en nuestro país, políticas para diversificar la matriz energética tales como las leyes de promoción de energías renovables (ER) y biocombustibles (Ley 25.019, Ley 26.093 y Ley 26.123) y la Ley 27.191 que establece como objetivo la contribución de las fuentes de energías renovables del 20% del consumo de energía eléctrica nacional al 31 de diciembre de 2025. [3]

Por otra parte el cambio en las políticas energéticas del nuevo gobierno ha comenzado a revertir la situación de las subvenciones que actuaban como un desincentivo importante para las inversiones en eficiencia energética, y limitaban el alcance y rentabilidad de las empresas de servicios energéticos. La reducción actual de los subsidios podrá generar un ahorro de energía y aportar beneficios significativos a las economías.

La actualización de las tarifas de energía eléctrica, de acuerdo a las medidas tomadas por Ministerio de Energía, aún no han logrado cubrir el costo de generación de la misma, por lo que se prevé una revisión general de la tarifa en el transcurso de este año. En cuanto al gas seguirá el mismo camino en menor escala.

Se vislumbra un panorama poco favorable en los costos de energías hecho que favorece al incremento de nuevas alternativas de generación y utilización de la energía, adopción de tecnologías más eficientes y mayor compromiso del Estado, en todos sus niveles, para afrontar con urgencia la tareas de educación, concientización y transferencia de recursos, para lograr un uso eficiente sin avasallar la calidad de vida y de la producción.

Un diagnóstico energético es un proceso sistemático mediante el cual se obtiene un conocimiento suficientemente fiable del consumo energético de un proceso o sistema, promueve la evaluación integral de los procesos productivos, para detectar los factores que afectan dicho consumo e identificar las distintas oportunidades de ahorro en función de su rentabilidad. El diagnóstico energético es una herramienta eficaz que permite evaluar las prácticas vigentes en la empresa sobre consumo de energía, desde la compra del recurso, pasando por todas las etapas hasta su uso final.

Para toda pyme es muy significativo reducir sus costos fijos de producción, no sólo en busca de una minimización de costos con su beneficio económico sino que a su vez le brinda mayor competitividad y le permite posicionarse mejor en el mercado. Es por esto que en general se apunta a disminuir el consumo de dos insumos fundamentales, el gas y la electricidad permitiéndoles trabajar con un sistema de gestión de la energía, mejorando su desempeño energético y mejorando su aptitud frente al mercado.



UTN  bhi



El sector requiere indefectiblemente una visión de largo plazo, es decir una planificación estratégica. Las decisiones se relacionan no solo con cuestiones sectoriales (balance energético, eficiencia, financiamiento), sino que deben considerarse también otros aspectos (inflación, requerimientos fiscales, impactos distributivos, competitividad, balance comercial).

Es tiempo de implementar en las pymes una gestión energética, de los principales insumos que consumen, y en el caso de ser posible analizar la posibilidad de generación de energía propia.

La producción de gas en Argentina durante las últimas décadas evidencia una expansión sostenida hasta 2004-2005 donde se muestran un cambio de la tendencia, esta vez declinante que entra en conflicto con la sostenida expansión del nivel de la actividad económica.

Desde el sector público, la Secretaría de Energía de la Nación está trabajando en eficiencia energética con el Programa Nacional de Uso Racional y Eficiencia Energética (PRONUREE) en las áreas de Alumbrado Público, Edificios Públicos, Diagnósticos Energéticos en Industrias, Eficiencia Energética en Riesgo Agrícola. Además de trabajar con los programas de Etiquetado Obligatorio, Etiqueta en Edificios, Fondo Argentino en Eficiencia Energética- Cuidemos la Energía.[4]

Los programas nacionales de energías renovables también han tenido impacto regional relativamente menor:

GENREN, Licitación de Generación Eléctrica a partir de Fuentes Renovables. Por este Programa Enarsa se comprometió a comprar la electricidad a precio estable y por 15 años a las centrales que se instalen para funcionar con fuentes renovables.

A nivel de país, se han licitado más de 2200 MW pero en la región NOBA sólo estaría el proyecto -actualmente suspendido- de instalar una central de 50 MW a biocombustible en el partido de Bragado, adyacente a la estación transformadora de Transba S.A, sobre la ruta 46. Esta inversión de U\$S 110 millones (con financiamiento de ENARSA) agregaría capacidad de generación y valor a los cultivos de la zona.

PERMER Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales. A través del mismo, la Secretaría de Energía abastece personas y servicios públicos (escuelas, salas médicas, destacamentos policiales, etc.) que se encuentran fuera del alcance de las redes de distribución de energía. Las primeras experiencias se realizaron hace más de una década en el Noroeste argentino y luego se fue extendiendo. En el Noroeste de la Provincia de Buenos Aires, electrificaría escuelas en los partidos de Baradero, Chivilcoy, 9 de Julio, Rivadavia, 25 de Mayo, y Zárate; instalando sistemas de generación fotovoltaica (renovando material instalado en los años 1990), que permitirían el funcionamiento de computadoras, televisión, video, equipos de comunicación y bombas de agua.

En cuanto a las poblaciones de la región del Norte de la Provincia de Buenos Aires (en el área concesionada a EDEN), Permer determinó que 22.100 viviendas rurales carecen de conexión a la red pero 87 % de esa población ya tiene acceso a la electricidad mediante grupos electrógenos (41 % de este total), o mediante sistemas fotovoltaicos, eólicos o baterías cargadas. Sus niveles de consumo-así como los ingresos- superan los de otras regiones rurales del país y el mundo. Así demandan sistemas aislados mayores que lo que la experiencia internacional reconoce como común para la electrificación rural dispersa y sólo el 16% estarían interesados en el servicio que puede ofrecer Permer (porcentaje muy inferior al de otras regiones de la Provincia o país).

El sistema energético nacional se basa en la explotación de recursos no renovables. En parte por ello, enfrenta crecientes conflictos productivos, ambientales, económicos y políticos que ponen en riesgo la seguridad energética en diversos lugares.

Para modificar estas condiciones, la Nación, la Provincia de Buenos Aires y algunos sectores de la sociedad, intervienen a distintas escalas, tomando una serie de medidas tendientes a reducir los déficits eléctricos, gasíferos y de combustibles líquidos; a diversificar las fuentes; a lograr la flexibilidad en los sistemas y a aumentar la eficiencia en la producción y el uso.

Para el Noroeste de la Provincia de Buenos Aires, fueron limitados los cambios en materia de producción, transporte y distribución de energía convencional; como así también muy acotados los emprendimientos que aprovechan fuentes renovables y sin que tenga un alcance mayor, la implementación del uso racional de la energía.

A pesar de los discursos a favor de los sistemas alternativos, las iniciativas siguen siendo bastante remanente como para generar una transición hacia otro modelo más limpio y sostenible, e incluso las transformaciones en las redes convencionales, siguen siendo insuficientes para garantizar un buen servicio para una región, que no obstante, muestra resiliencia, aun en situación difícil. [5]

En cuanto a la producción láctea de la Argentina, podemos referir que la misma se concentra en las provincias de Buenos Aires (Cuencas: Oeste, Abasto Sur, Abasto Norte y Mar y Sierras) Santa



Fé (Cuencas: Sur y Central); Córdoba (Cuencas: Sur, Villa María y Noreste); Entre Ríos (Cuencas "B" y "A"); La Pampa (Cuenca La Pampa) y Tucumán (Cuenca de Trancas).

En el noroeste de la provincia de Buenos Aires se localiza la Cuenca Lechera Oeste, tercera en orden de importancia del país con epicentro en Trenque Lauquen, durante la década de los años '60 y '70 ocupó el primer lugar a nivel nacional, superando holgadamente a las restantes del país. Distintos factores de índole económico y climático provocaron que resignara esa posición, ocupando actualmente el primer lugar en la provincia de Buenos Aires. A nivel nacional ocupa el primer lugar en lo que hace a tecnología aplicada y disputa el segundo lugar en producción.

La provincia de Buenos Aires cuenta con 2.626 tambos y la Cuenca Lechera Oeste, totaliza 1362 tambos, cantidad que significa el 61,87% de la producción provincial.

Trenque Lauquen, está en el corazón de la Cuenca Lechera "Oeste". Es el distrito que más tambos aporta a la Cuenca, con un total de 226.

En lo que hace a derivados de la leche, Trenque Lauquen cuenta con varias empresas productoras de quesos, como "San Gotardo", "Trelau" y una de las plantas más importantes de Sudamérica, de la empresa Láctea "La Serenísima". [6]

Algunas de ellas han obtenido premios internacionales.

La Secretaría de Vinculación Tecnológica de la FRTL a través del Programa de Modernización Tecnológica, de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, ha generado un contacto favorable con más de 15 industrias lácteas de la región, favoreciendo las circunstancias para el desarrollo del presente proyecto.

La Cuenca Oeste aporta a la mesa de los argentinos un millón de litros de leche y productos derivados, que diariamente se producen en una amplia región del noroeste de la provincia de Buenos Aires con epicentro en Trenque Lauquen. Es tradicional la producción de Dulce de Leche, con dos reconocidas y afamadas marcas: "Cauca" y "La Patata".

Por lo antes expuesto la UTN-FRTL se encuentra en una localización propicia, que sumada al interés por favorecer un desarrollo territorial ambientalmente sostenible, es que podría, mediante el desarrollo de este proyecto generar alternativas que incrementen la potencialidad de los ahorros a través de la contabilidad energética del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires, región de relevancia de la industria láctea, y que estimulen las ventajas competitivas de la región.

Si bien en lo específico este proyecto no es continuación de otro, o de uno en ejecución, es importante manifestar la vinculación de este con otros proyectos anteriores, y algunas actividades de la actualidad, que permitirán ser incorporadas a este como un aporte o como insumo de este.

Especialmente los antecedentes del proyecto PIEEP (Proyecto Incremento de la Eficiencia Energética y Productiva de las Pymes), serán de gran relevancia para el desarrollo del presente trabajo. El mismo se realizó en el marco del convenio entre la GTZ Agencia de Cooperación Técnica Alemana (Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit), y la Secretaría de Energía de la Nación, periodo en el cual se realizaron los trabajos fue del año 1999 al 2005 aproximadamente. Específicamente en relación con el sector al que referirá el presente proyecto se llevó a cabo en la zona rural de Trenque Lauquen, Provincia de Bs. As., durante el mes de septiembre de 2001, la evaluación de la eficiencia energética y productiva de la plantas de la sociedad Industrias Lácteas Buenos Aires localizada en dicha zona. [7]

Participaron en el mismo la consultora AGREST y por el Centro de I+D en Energía y Ambiente, de la Facultad Regional Delta de la Universidad Tecnológica Nacional, el ingeniero Norberto Odobez. Cabe aclarar que el Ing. Odobez es responsable por la Regional Delta tutora del presente proyecto.

Las actividades estuvieron relacionadas con la búsqueda de la mejora energética en los diferentes sectores de las plantas: Producción de Vapor, Redes y puntos de utilización, Procesos, Producción de Frío, Energía eléctrica mediante la utilización de diferentes equipos de medición y control.

Entre las empresas relevadas estuvieron: Distrelauquen; Chatalac; Lactrén; ARDESIA S.A.; Industrias Lácteas Buenos Aires; Lácteos La Familia S.D.H. Salliqueló; Tamberos E. V. Bunge S.C.L. Emilio V. Bunge; Agropecuaria La María Pilar S.A. Catriló, La Pampa, la mayoría de ellas en actividad en la actualidad.

El objetivo del presente proyecto es generar un ámbito de integración de conocimientos, actividades académicas y científico-tecnológicas, con el fin de contribuir al estudio de la eficiencia energética en el Sector Industrial de la ciudad de Trenque Lauquen como elemento fundamental para el desarrollo sostenible, mediante la interacción, cooperación y transferencia entre las empresas y la Universidad.



De desarrollará mediante los siguientes objetivos específicos:

- 1) Actualizar la base de datos de las industrias que componen el Sector Industrial Planificado (SIP) de Trenque Lauquen y la base de industrias lácteas de la región de influencia de la FRTL.
- 2) Selección de las empresas y realización de la auditoria energética inicial para determinar línea base e indicadores a utilizar.
- 3) Análisis de alternativas de reducción y adecuación energética.
- 4) Propuestas de acciones para mejorar la eficiencia energética de las empresas seleccionadas
- 5) Fortalecer los conocimientos del equipo de trabajo para la difusión y adiestramiento dentro del ámbito académico de grado y postgrado.
- 6) Vincular los resultados de las tareas de investigación que se realicen con las cátedras que aborden estos temas, como así también poder utilizarlos en actividades de extensión hacia todo organismo, institución o empresa que lo requiera.
- 7) Aportar a las bases de datos en el ámbito de la Red de Eficiencia Energética de la UTN y de diferentes organismos que lo requieran, en la temática de eficiencia energética del Sector Industrial de Trenque Lauquen localizado en el Noroeste de la provincia de Buenos Aires.

2. Metodología

Para cumplir con los objetivos mencionados en el presente proyecto se prevé las siguientes etapas:

Etapas 1:

Se organizará la información obtenida de los siguientes proyectos y/o instituciones:

- Proyecto “Estado de Situación y Perspectivas para el Fortalecimiento del Sector Industrial de Trenque Lauquen”(2009),
- Diagnósticos obtenidos para el Programa de Modernización Tecnológica(PMT) 2013-2014 para la Comisión de investigaciones Científicas(CIC)
- CAPROLECOBA, Cámara de Productores de leche Cuenca Oeste
- PIEEP, Proyecto e Incremento de la Eficiencia Energética y Productiva de la Pymes, 2001.na Pyme.

Se complementarán las distintas fuentes para lograr la unificación de la información para consolidar una base de datos de las industrias que componen el SIP y las empresas de la cadena láctea de la región.

Se realizará la investigación y análisis de información a nivel internacional, nacional y regional en lo que respecta a la eficiencia energética.

Se capacitará a los integrantes del equipo para relevar en forma eficiente la información requerida por el “Relevamiento Energético Sectorial”, formulario facilitado por el equipo que trabaja en la temática de la Regional La Plata.

Se comenzarán las gestiones de la compra del equipamiento solicitado en el PID (cámara termográfica, analizador de gases de combustión y registrador eléctrico).

Etapas 2:

Se seleccionarán las industrias representativas del Sector, que permitan realizar auditorías posteriores para dar una evaluación en el tiempo de los factores analizados.

Se realizará la caracterización energética teórica y luego su comparación con los datos de campo para su validación utilizando como herramienta el formulario “Relevamiento Energético Sectorial” y la norma IRAM/ISO 50001:2011-Gestión de la Energía.

Se utilizará equipamiento específico para determinar eficiencia de las transferencias térmicas, consumos energéticos y calidad de consumo.

En este punto se solicitará el apoyo de instrumental específico a la Cooperativa de Electricidad Local así como también, de ser necesario, a las regionales que posean disponibilidad de los mismos.

Conjuntamente a lo antes expuesto, se buscará generar vínculos con las Regionales que han avanzado en la temática, y se solicitarán capacitaciones (ISO 50001, equipamiento específico, etc.), seminarios y talleres tanto de forma presencial como de video conferencias, para fortalecer al equipo de la FRTL y favorecer a la generación de nuevos lazos científico tecnológicos con la Red de Eficiencia Energética de UTN.



Etapa 3:

Con la información obtenida se podrá, a partir de diferentes métodos, determinar la línea de base energética, mediante la generación de gráficos de Consumo energético vs. Producción, Consumo energético vs. Producción equivalente, Consumo energético-producción vs. Tiempo, diagramas de dispersión y correlación, etc.; estos estarán elegidos de acuerdo a la complejidad de los procesos que tengan las industrias relevadas.

Se trabajará sobre la base de requerimientos de la norma IRAM/ISO 50001:2011 de Gestión de la Energía para en el futuro puedan implementar y/o certificar la misma.

Etapa 4:

Se realizará la transferencia de los resultados y de la información obtenida a:

-Las empresas seleccionadas: se entregarán los resultados del análisis, consejos o medidas preventivas y/o correctivas a realizar con su consecuente plan de seguimiento para efectuar una gestión eficiente de la energía en la industria.

- A la Comunidad Científica y de la región de influencia de la FRTL: los docentes del equipo transferirán al alumnado y realizarán actividades de extensión mediante charlas y seminarios, así como también en las cátedras de incumbencia en la temática de la carrera de Ingeniería Industrial. Se realizarán publicaciones en Congresos, revistas especializadas así como también se incentivarán las actividades en eficiencia energética tanto a nivel local como nacional e internacional.

3. Resultados

El proyecto se encuentra en el desarrollo de la Etapa I, para la cual se están realizando las actividades correspondientes.

Se ha logrado la vinculación con el Colegio de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires, Distrito III que manifestó el apoyo en la temática, y la posibilidad de trabajo conjunto en la región de influencia del Colegio (27 Partidos de la Pcia. de Bs. As.) mediante capacitaciones, jornadas, talleres que permitan la sensibilización de la comunidad como la formación técnica de los profesionales en eficiencia energética.

Se ha presentado a la Comunidad de Trenque Lauquen, en el marco de la Expo Ambiente 2016 realizada en el mes de junio, una disertación a cargo del Mg. José Maccarone, titulada "Eficiencia energética para Pymes y Municipios: por dónde empezar", que ha dado el puntapié inicial para informar sobre la conformación del nuevo equipo de investigación que llevará a cabo los estudios desde la Regional Trenque Lauquen.

Por otra parte, el equipo ha comenzado con la sensibilización en la temática a nivel regional en la Expo ambiente Salliqueló, también realizada en el mes de junio, con una presentación orientada a la construcción sustentable de acuerdo al eje temático de la Jornada, referida al consumo energético residencial.

En cuanto a las capacitaciones, se está realizando la planificación anual, en directivas del equipamiento presupuestado, y la formación en base al uso de las herramientas para la recolección de datos y normas a seguir.

4. Discusión

La vinculación con industrias lácteas, particularmente demandante de capacitación y asistencia técnica que les permita optimizar sus procesos industriales y el uso de recursos, en lo que la eficiencia energética puede ser una alternativa potencial para favorecer el desarrollo de las mismas. El sector industrial de Trenque Lauquen y en extensión a la región, podrán beneficiarse de los conocimientos adquiridos accediendo a futuros diagnósticos y planes de mejora orientados a la eficiencia energética de sus emprendimientos.

Por este motivo, la universidad pública, convencidos del rol preponderante que las pymes tienen para una región y en especial las lácteas y su debilidad en la disponibilidad de recursos, tiene el deber de apoyar y sustentar desarrollos que permitan mejorar su nivel de competitividad.

Trenque Lauquen se encuentra ubicada en la principal cuenca lechera de la provincia de Buenos Aires. Lo que nos permite, realizar un vínculo del proyecto con la Cámara de Productores de Leche Cuenca Oeste (CAPROLECOBA), que busca contribuir al necesario reordenamiento de la



lechería Argentina, para formar una unidad de productores fuerte, específica, profesional y representativa que se ocupe de los temas a nivel sectorial.

En este sentido, la gestión energética puede ser una herramienta potencial para favorecer su desarrollo y generar incrementos reales en su competitividad en el entorno regional, nacional e internacional.

Por lo antes expuesto se sugiere la implementación de:

1. Acuerdos Voluntarios (Compromiso de las Asociaciones Empresariales para alcanzar el ahorro de energía detectado. Fomentar la adopción de medidas de ahorro por la industria).
2. Auditorías Energéticas (Detectar el potencial y facilitar la toma de decisión de inversión en ahorro de energía / Determinar el benchmarking de procesos).
3. Programa de Ayudas Públicas (Facilitar la viabilidad económica de las inversiones en ahorro energético para alcanzar el potencial detectado).

La especialización en tecnologías energéticas desarrollara la capacidad para implementar planes de racionalización de energía y su relación con el impacto ambiental.

5. Referencias

- [1] World Energy Council and French Environment and Energy Management Agency (ADEME). (2004) *Energy Efficiency: A Worldwide Review – Indicators, Policies, Evaluation*. London W1B 5LT United Kingdom. WEC ISBN 0 946121 17 6 ADEME ISBN 2 86817 775 1
- [2] Instituto Argentino de la Energía General Mosconi. (2015). “Energía 2016-2020”. www.web.iae.org.ar.
- [3] Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL. (2014). “Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia energética de la republica Argentina, 2014”. *Naciones Unidas*. Santiago de Chile, Chile.
- [4] Ministerio de Energía y Minería. 2016. Programas de eficiencia energética. www.minem.gob.ar
- [5] Carrizo, Silvina; Finarolli, Paula; Longinotti, Juan Pablo; Montecelli, Martin y Skepstedt, Carola, “Energía en el Noroeste de la Provincia de Buenos Aires. Un abanico de proyectos para una región relegada”, I Congreso latinoamericano de ecología urbana. Desafíos y escenarios de desarrollo para las ciudades latinoamericanas. Los Polvorines. http://www.ungs.edu.ar/ms_ico/?p=1258. ISBN 978-987-28177-0-1
- [6] Ministerio de Asuntos Agrarios (2010). “Resumen estadístico de la cadena láctea de la provincia de buenos aires”. Buenos Aires, Argentina.
- [7] Odobez, Norberto; García Ebbens, Carlos; León, Eduardo. (2001). “Las oportunidades y posibilidades de mejora de la eficiencia energética y productiva”. Agencia de Cooperación Técnica Alemana y Secretaría de Energía de la Nación Argentina. Buenos Aires, Argentina.



VI Seminario Nacional de Energía y su Uso Eficiente

Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional
Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado. Universidad Tecnológica Nacional

EVALUACIÓN DE INTERCONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA DE AEROGENERADOR DE BAJA POTENCIA

Bufanio Ruben Domingo*, Monte Gustavo, Pablo Castro, Maria Belen Gonzalez,
Pablo Melillan

Facultad Regional del Neuquén, Universidad Tecnológica Nacional

*ruben.bufanio@speedy.com.ar, gusmonte25@yahoo.com.ar, pablocastro_50@hotmail.com,
mabelengm@hotmail.com, juampa_utn@hotmail.com*

RESUMEN

El presente trabajo forma parte del avance del proyecto PID (ENIANCF0003565) y tiene el propósito de incrementar capacidades en el área energética, en particular la referida a la eficiencia energética.

En base a lo anterior y enmarcado dentro de las energías renovables, donde la Argentina respecto a la eólica cuenta con valores medios de densidad del viento por encima de muchas regiones del mundo, es que se investiga la eficiencia y calidad energética de la inyección de energía eléctrica a la red por parte de un aerogenerador de construcción nacional, en este caso de la firma INVAP INGENIERÍA SA de 4.5kW de potencia.

El estudio aplica en principio, según diferentes escenarios eléctricos, las recomendaciones de la norma IEC-61400-21, aunque desarrollada para molinos de alta potencia, se encuentran en ella un orden respecto al método de medida y evaluación, que luego en conjunto con la IEC-61400-2, requerimientos de diseño para aerogeneradores de baja potencia, permiten el desarrollo del trabajo. Las pautas de las normas citadas hacen referencia a la aplicación de otras respecto a instrumento de medida a utilizar y proceso de evaluación de resultados a seguir. En tal sentido es que se trabaja con un medidor de calidad de energía de la marca FLUKE modelo 434, efectuando el análisis de calidad energética en acuerdo a la norma EN50160.

Por último se muestran las salidas y conclusiones finales del trabajo.

Palabras clave: Eólica, Calidad, Energía



1. INTRODUCCIÓN

Dentro del marco de la eficiencia energética, la calidad inyectada a la red de distribución por parte de los sistemas de generación es de gran importancia [1]. Cobra relevancia cuando la idea futura es ir hacia sistemas de generación distribuida, en baja tensión, híbridos (generación fósil y renovable) con conexión paralela controlados a través de un sistema central dentro de una interconexión inteligente. Es en tal sentido que se direcciona este trabajo, el cual intenta mostrar el análisis preliminar de la evaluación de calidad de energía inyectada a la red eléctrica, de baja tensión, por parte del aerogenerador IVS-4500 de la firma INVAP INGENIERÍA SA.

Para la evaluación de la calidad de energía se aplican las recomendaciones generales de la norma IEC-61400-21, [2] y en forma complementaria otras mencionadas en esta como específicas destinadas a la evaluación. Es por ello se utiliza por ejemplo, las recomendaciones de la IEC 61000-3-2 y 61000-3-3, [3-4], como las IEC-61000-4-x referidas al dispositivo y sistema de medida.

2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL AEROGENERADOR IVS-4500

- Potencia Max.: 4.5KW
- Tensión nominal: 48VCA/380VCA en bornes del generador.
- Tipo de generador: Síncrono de imanes permanentes de acople directo.
- Tipo de hélice: Bipala de paso fijo.
- Perfil alar de la hélice: FX-63-137
- Diámetro de la hélice: 4.5m
- Material de la hélice: Plástico Reforzado con fibra de vidrio y alma de poliuretano expandido en una única pieza.
- Control de velocidad: Inclinación de hélice.
- Control automático de parada: Opcional.

WECS (Wind Energy Conversion Systems) [5], que se esquematiza en Figura 1 junto al medidor de calidad de energía, formado por una rectificación pasiva y filtrado con banco de capacitores, control de desvío de energía en caso de exceso de generación o pérdida de la red a "Dump Load", todo lo anterior conectado a un "tie-inverter" o inversor con vinculación a la red eléctrica de distribución [6]. Este esquema de conversión de la energía eólica se logra respectivamente con los dispositivos 4000/7200 WIND INTERFACE y el PVI-6000-TL-OUTD-W 6kW, ambos de la firma ABB, conectados a la salida trifásica del generador del IVS-4500.

3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MEDIDA

Para este ensayo previo, al de campo, de análisis de calidad de energía inyectada a la red se utilizó un banco de prueba con motor y variador de velocidad acoplado al generador eólico a través de un sistema de reducción de manera de hacer trabajar a dicho motor en regímenes de velocidades de giro cercanas a la nominal, evitando de esta manera un excesivo deslizamiento del mismo y una sobre elevación de su temperatura interna. En la Figura 2 se muestra una imagen del banco de ensayo utilizado.

WECS (Rectificación + Inversión)

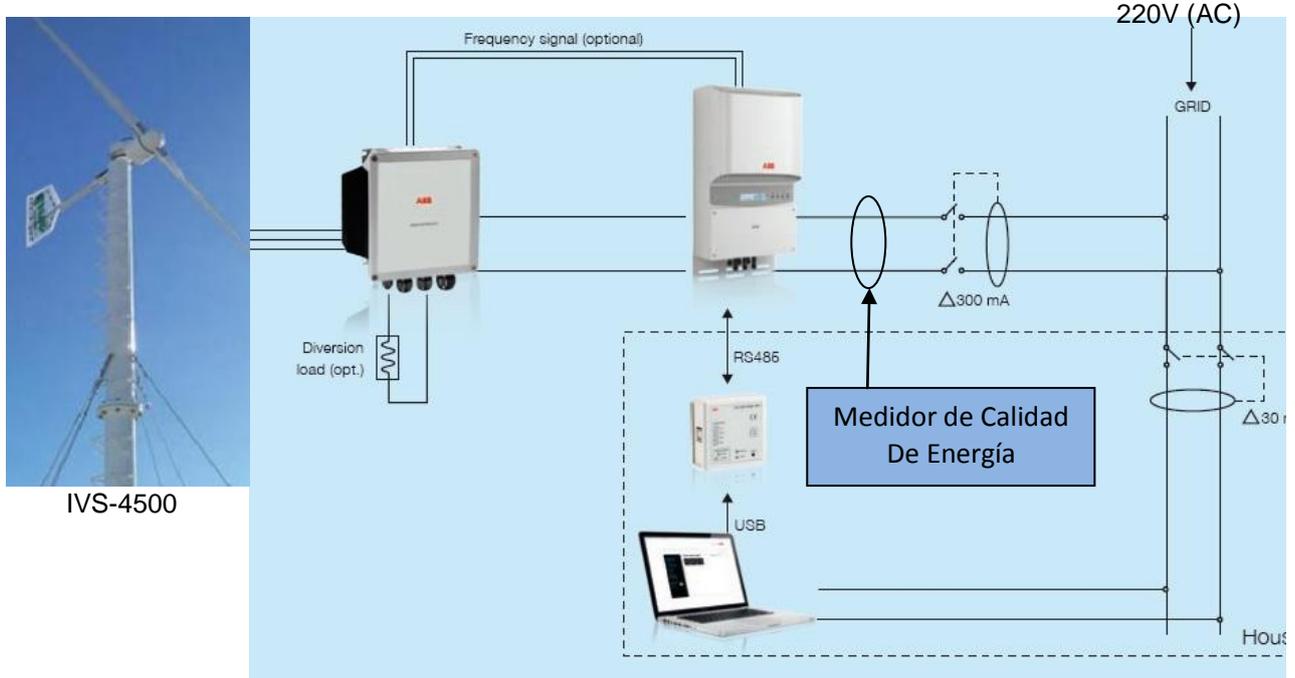


Figura 1, Sistema completo de generación eólica con conexión a la red eléctrica con ubicación de medidor de calidad de energía



Figura 2, banco de ensayo utilizado para la obtención de las mediciones de calidad de energía inyectada a la red eléctrica de suministro.

3.1. DISPOSITIVO DE MEDIDA

Para la medición de la calidad de inyección de energía eléctrica a la red se utilizó el siguiente analizador:

Características: Medidor de calidad de Energía

Marca: FLUKE

Modelo: 434

Cumple con las siguientes normas y conformidades:

Standards:

Measurement methods used IEC61000-4-30 class A

Measurement performance, Fluke 434 IEC61000-4-30 Class B

Power Quality EN50160

Flicker IEC 61000-4-15

Harmonics IEC 61000-4-7

Cross talk:

Between V inputs-60 dB @ Fnominal

Voltage to current input-95 dB @ Fnominal

Safety:

Compliance IEC/EN61010-1 (2nd edition) pollution degree 2;

CAN/CSA C22.2 No 101.1

ANSI/ISA S82.01

3.2 CONFIGURACIÓN DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

Dado que la salida de energía del inversor hacia la red de distribución es en baja tensión, 220 V (F-N), se utilizó el siguiente esquema de conexión o setup para el instrumento, Figura 3.

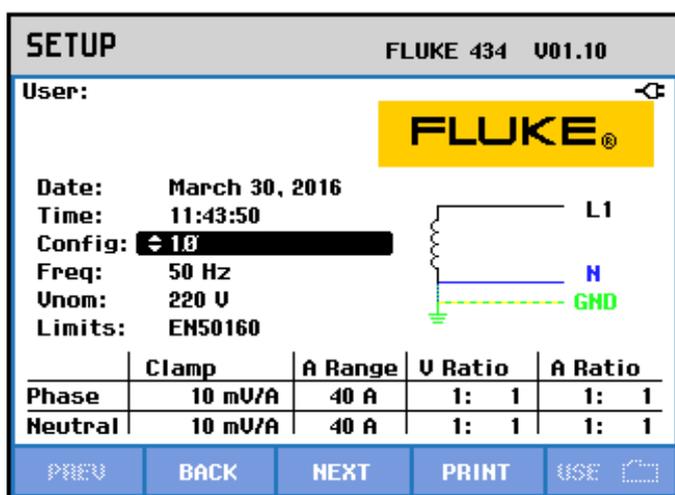


Figura 3, setup de conexionado utilizado, en instrumento, para la medición de calidad de energía inyectada a la red.

3.3 MEDIDAS INSTANTANEAS

Entre los requerimientos solicitados para la conexión a la red de suministro del aerogenerador de 4.5 kW de la firma INVAP, por parte de la Cooperativa Eléctrica de Suministro, COPELCO, del municipio de Cutral-Có, provincia del Neuquén; se encuentran las medidas instantáneas de las variables eléctricas fundamentales, las cuales se entregan en las siguientes figuras.



Todas las medidas están dentro de los límites impuestos por las normativas IEC 61000-X-X y ENRE derivadas de estas.

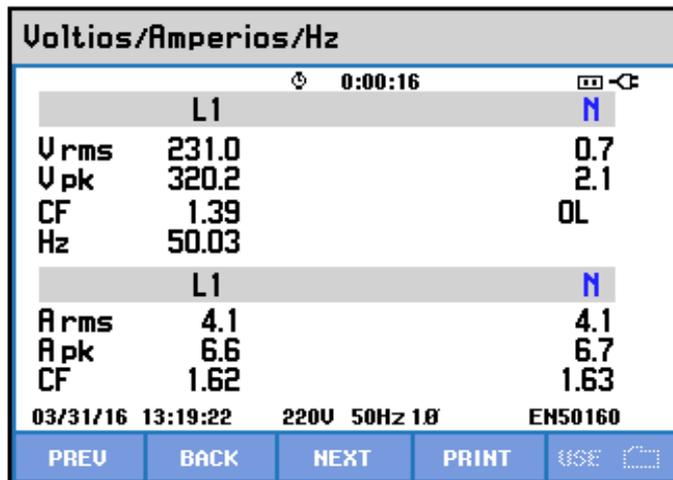


Figura 4, medidas de tensiones, corrientes y frecuencia instantáneas.

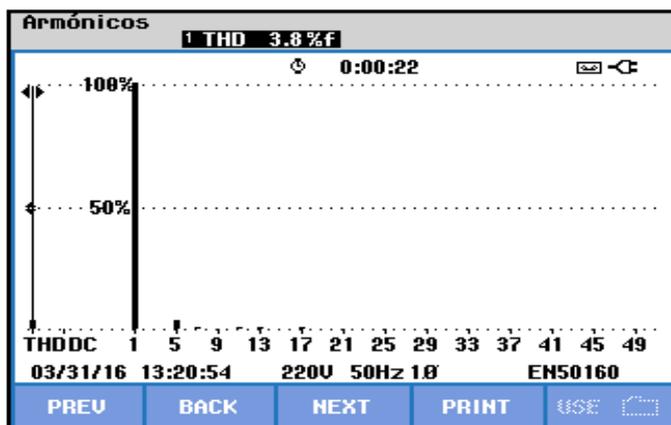


Figura 5, Contenido armónico instantáneo de tensión respecto a la fundamental

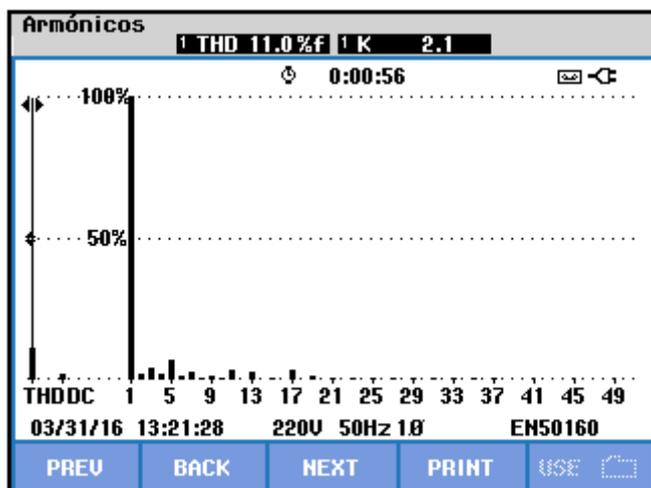


Figura 6, Contenido armónico de corriente instantáneo respecto al de la fundamental

A través de las figuras siguientes, se muestran las mediciones con los valores instantáneos del contenido armónico inyectado por el aerogenerador a la red. Si se considera el apartado 8 de las recomendaciones de la IEC-61400-21 que hace referencia para la evaluación a la IEC-61000-2-x e IEC-61000-3-x, todas las armónicas tanto de tensión como de corriente respecto a la fundamental como el contenido armónico total de ambas se encuentran dentro de los límites impuestos por dichas normas, para un punto de conexión en baja tensión y acorde a la potencia entregada.

TABLA ARMÓNICOS		
Volt	L1	N
THD%f	3.8	50.6
H3%f	0.1	34.7
H5%f	3.5	16.7
H7%f	0.8	5.9
H9%f	0.1	12.9
H11%f	0.6	4.9
H13%f	0.6	4.9
H15%f	0.1	7.7

TABLA ARMÓNICOS		
Amp	L1	N
THD%f	10.7	10.7
H3%f	3.8	3.8
H5%f	6.9	6.9
H7%f	2.6	2.6
H9%f	1.2	1.2
H11%f	3.4	3.5
H13%f	3.0	3.0
H15%f	0.5	0.4

Figura 7, tabla de contenido armónico de tensión y corriente instantáneos.

En la Figura 8 se muestra la potencia instantánea entregada por el sistema de conversión de energía eólica a la red.

Potencia y energía		
FULL	L1	Total
kW	0.94	0.94
kVA	0.94	0.94
kVAR	0.10	0.10
PF	0.99	0.99
Cosφ	1.00	
Arms	4.1	

L1	
Urms	230.6

Figura 8, potencia instantánea entregada por el sistema de generación a la red de baja tensión.

Se puede observar que para un ensayo de velocidad de giro correspondiente según curva de potencia del aerogenerador, que se muestra en figura 9, a una velocidad de viento de aproximadamente 8 m/s (media típica de muchas regiones con bondades de recurso eólico), entrega una potencia cercana a 1 kW con un factor de potencia prácticamente unitario. Cabe aclarar que el sistema puede trabajar con la posibilidad de intercambio de reactivo (0.9 capacitivo o 0.9 inductivo) según lo requiera el operador de la red a la potencia activa nominal.

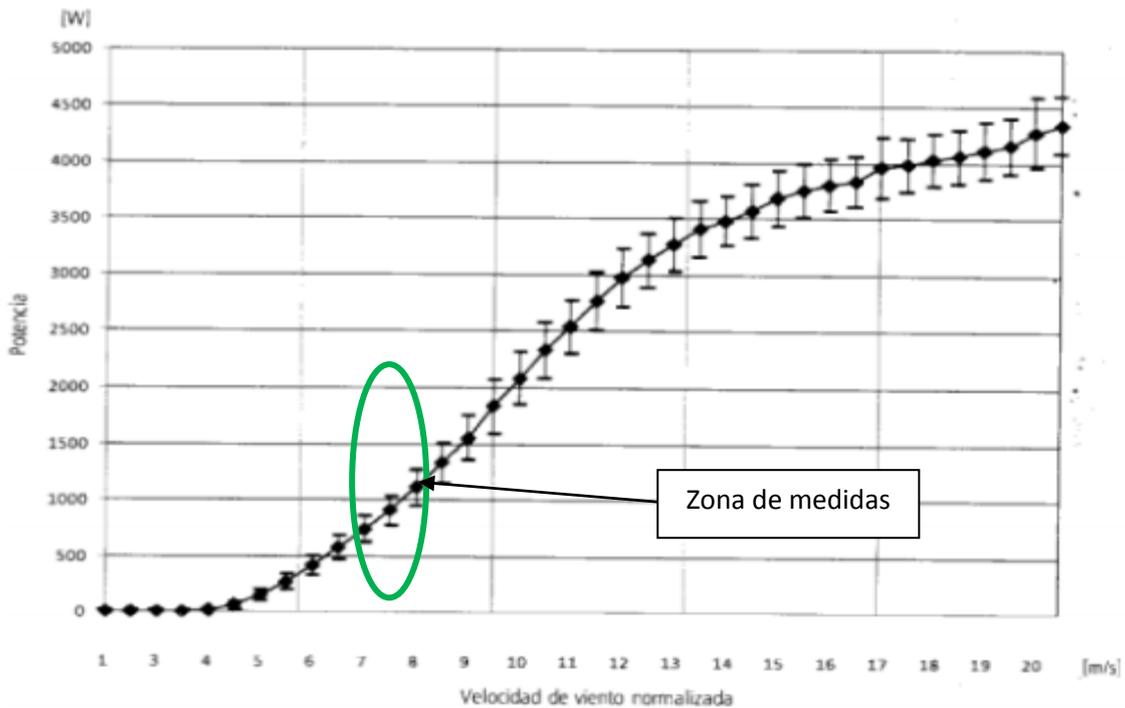


Figura 9, curva de potencia de aerogenerador con zona de ensayo. Fuente: Laboratorio de evaluación de aerogeneradores INTI, Cutral C , Neuquén.

Por último, en lo que respecta a las medidas instantáneas se analizó el flicker, el cual también cumple según lo especificado por los límites de la norma respectiva, IEC-61000-3-3. En la siguiente Figura 10 se muestra detalle de una de las medidas.

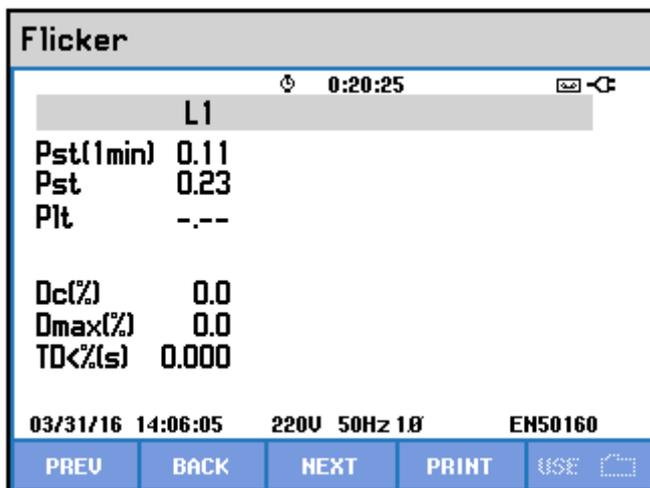


Figura 10, medida de flicker instantáneo.

4. MEDIDAS UTILIZANDO EL INSTRUMENTO COMO ANALIZADOR/MONITOR DE RED

El instrumento fundamenta la evaluación en la norma europea EN50160, [7], cuyo setup de límites se indica en la Figura 11.

La medida abarca un lapso de 24 horas, en donde el instrumento computa medias de las medidas de los diferentes parámetros a considerar en la norma. Utilizando para la evaluación dos límites,

uno del 100 %, es decir todas las medidas dentro del límite especificado para ese porcentaje y otro menos restrictivo del 95 %. Caso de no cumplirse con lo anterior la franja gruesa de color verde (todo correcto para el 95%) cambiara a color rojo, lo mismo ocurrirá si la del 100%, más fina de color verde, pasa también a dicho color. Cuanto más alejado se encuentren las barras respectivas de sus límites más cerca nos encontraremos de una calidad óptima.



Figura 11, límites impuestos por la EN50160

4.1 MEDIDAS DE CALIDAD DE SUMINISTRO SIN AEROGENERADOR CONECTADO

En este apartado se muestran primero las medidas de análisis de calidad de red sin conectar el sistema de generación, de manera de comparar luego con el sistema conectado a la misma



Figura 12, monitoreo de amplitudes de tensión, sin eventos

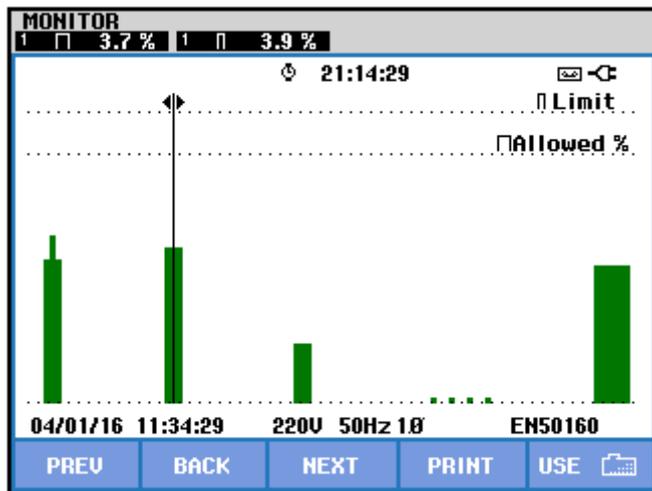


Figura 13, evaluación de distorsión armónica de tensión, sin eventos

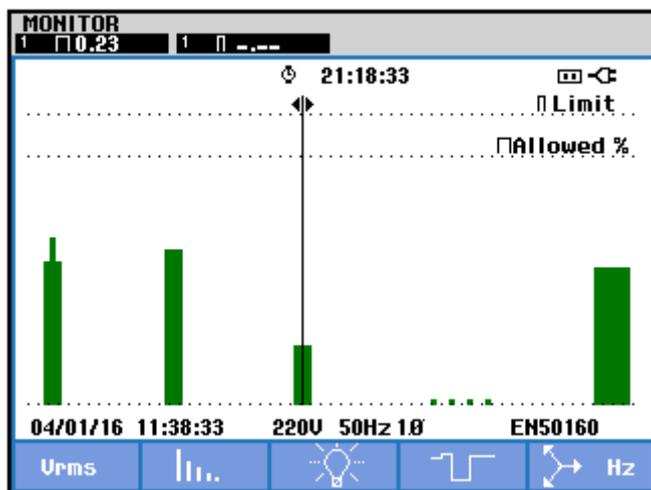


Figura 14, monitoreo del flicker, sin eventos

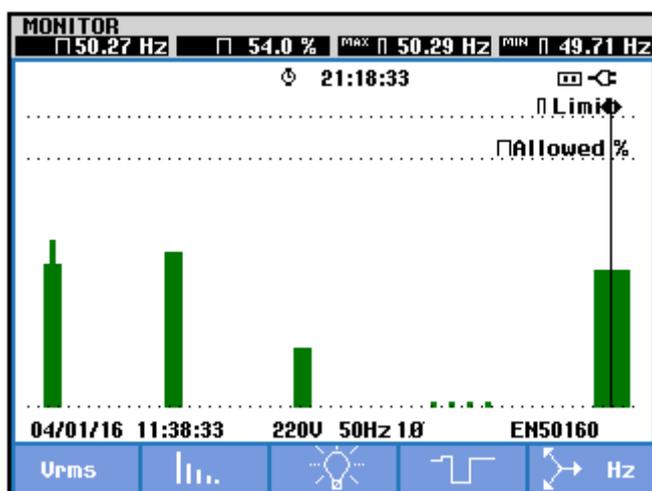


Figura 15, monitoreo de frecuencia, sin eventos

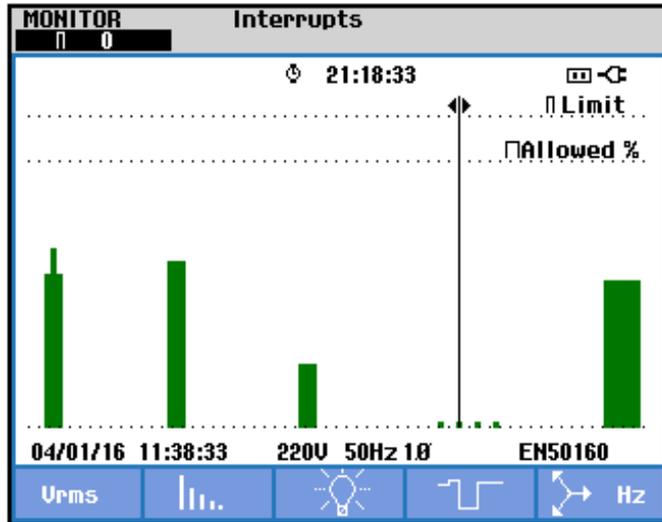


Figura 16, monitoreo de interrupciones, sin eventos

De figuras anteriores se concluye, que el punto de conexión común (PCC), sobre el cual se va a inyectar energía por parte del sistema de generación a evaluar se encuentra dentro de los límites impuestos por la norma.

4.2. MEDIDAS DE CALIDAD DE SUMINISTRO CON AEROGENERADOR CONECTADO

En las figuras a continuación, se muestran las medidas de calidad de energía con el aerogenerador conectado en el mismo "PCC" donde se avalúo la red sin él. De la misma manera que en el apartado anterior se utiliza una ventana de medidas de una hora con los límites impuestos por la norma EN50160.

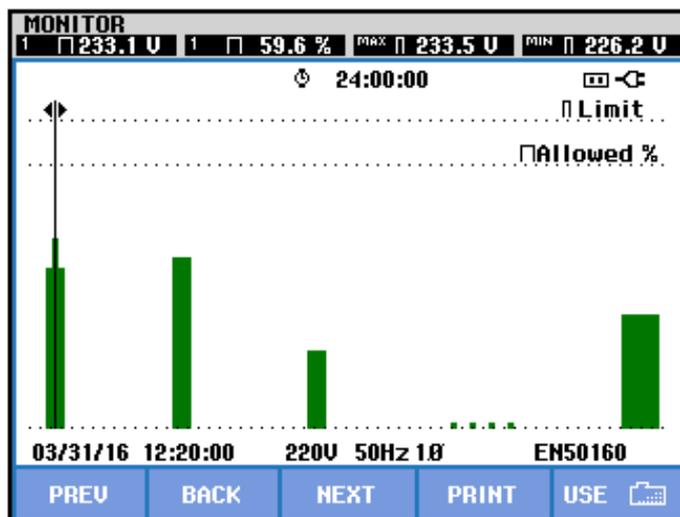


Figura 17, amplitud de tensión, sin eventos

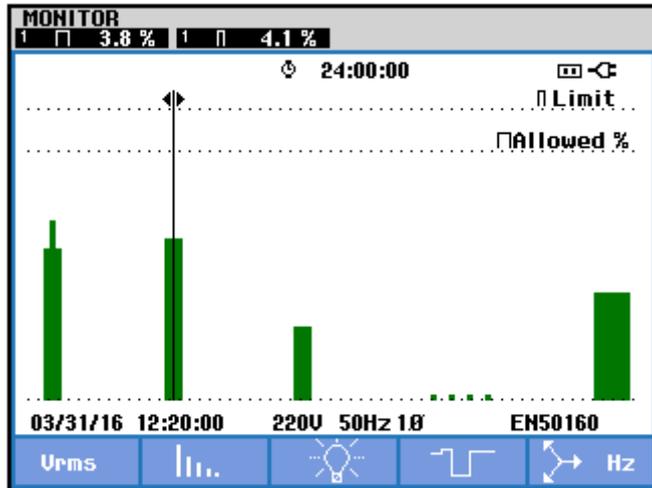


Figura 18, evaluación de distorsión armónica de tensión, sin eventos

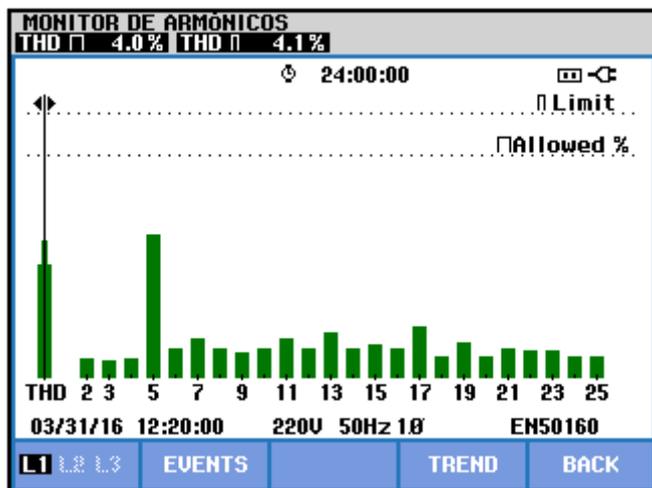


Figura 19, monitoreo de los armónicos individuales, sin eventos



Figura 20, monitoreo del flicker, sin eventos

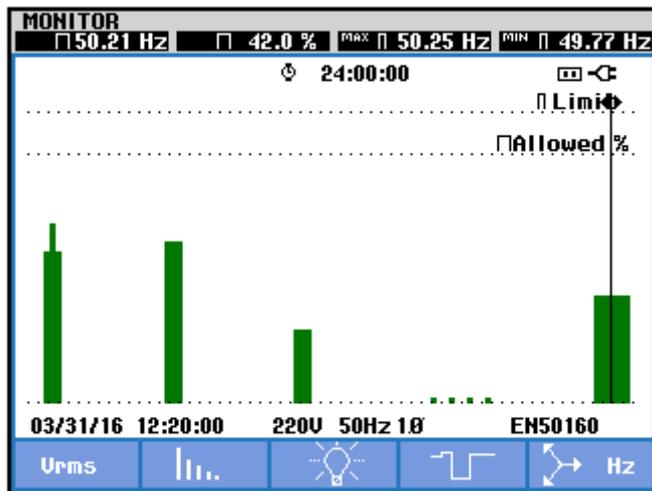


Figura 21, monitoreo de frecuencia, sin eventos

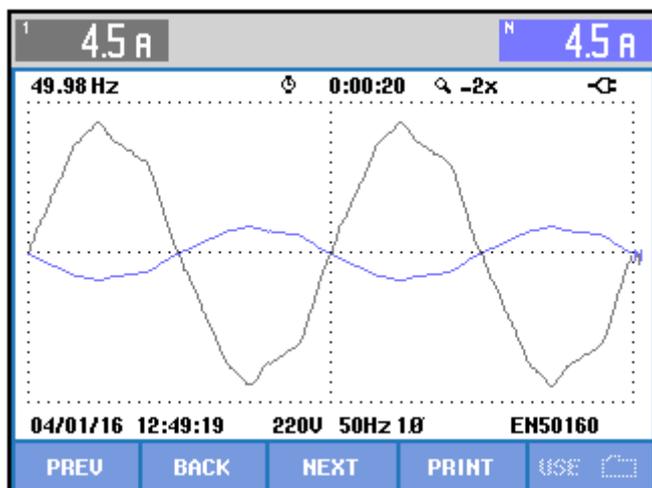


Figura 22, corriente inyectada a la red

5. CONCLUSIONES

El sistema de generación eólico, en esta etapa preliminar de mediciones de condiciones necesarias (pero no suficientes) de cumplimientos eléctricos, demostró que es posible de inyectar energía a la red eléctrica de suministro sin generar disturbios a usuarios conectados en dicho punto. Más allá que una relación de potencia aparente de corto circuito, en el PCC, como mínimo de 100 veces, hace poco probable que un sistema de generación por debajo de los 5 kW pueda disturbar el punto de conexión, es decir a otros usuarios, es fundamental que las mediciones de calidad lo ratifiquen.

La norma europea EN 61400-2-2006 que versa sobre el diseño de aerogeneradores pequeños, es decir con área de barrido menor a los 200m², establece que la emisión de armónicos de corriente por parte del aerogenerador no debe hacer que en el punto de conexión común "PCC" la distorsión armónica de tensión supere los límites impuestos por la normativa. En este caso como se observa en las gráficas anteriores se cumple sin problemas con los límites que establece la EN50160.

Aunque en este caso se midió en un punto de trabajo de mayor frecuencia de ocurrencia según condiciones probables de encontrarse. Es necesario continuar ensayando el aerogenerador en el banco de pruebas pero para un rango mayor de velocidades de giro que contemplen una variación de vientos acordes a las de campo.

Por último, para obtener un ensayo óptimo de la calidad de suministro se hace necesario evaluar el aerogenerador en campo según las recomendaciones dadas por la IEC-61400-21, luego como indica



esta última, utilizar una red ficticia que permita evaluar con modelos matemáticos todo el rango posible de condiciones de viento, impedancias de red, funcionamiento en conmutación, potencias máximas para diferentes ventanas de tiempo, como otras condiciones impuestas por dicha norma en la evaluación de la calidad de energía inyectada por un aerogenerador a la red.

6. REFERENCIAS

- [1] Ackermann, Thomas. (2005). Wind Power in Power Systems. Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. ISBN: 0-470-85508-8. John Wiley & Sons, Ltd. England.
- [2] IEC (International Electrotechnical Commission) (2001) Wind Turbine Generator Systems, Part 21: Measurement and Assessment of Power Quality Characteristics of Grid Connected Wind Turbines, IEC61400-21 (12.2001).
- [3] IEC (International Electrotechnical Commission) (2005) Electromagnetic Compatibility EMC, Parts 3-2: Limits for harmonic current emissions.
- [4] IEC (International Electrotechnical Commission) (1994) Electromagnetic Compatibility EMC, Parts 3-3: Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage supply systems.
- [5] Wu, B., Yongqiang, L., Zargari, N. & Kouro, S. (2011). Power Conversion and Control of Wind Energy Systems. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc.
- [6] Wood, David. (2011). Small Wind Turbines, Analysis, Design, and Application. London: Springer.
- [7] EN (1995), Voltage Characteristics of Electricity Supplied by Public Distribution Systems, EN 50160, www.cenelec.org.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen:

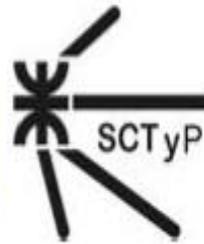
Al Municipio de Cutral-Có por la colaboración prestada en poder trabajar en el polo tecnológico de dicha ciudad.

Al Ing. Mauricio Schneebeli, y todo su equipo de trabajo, de la firma INVAP INGENIERÍA SA.

A toda la comunidad educativa de la UTN, Facultad Regional del Neuquén.



UTN  bhi



VI Seminario Nacional de Energía y su Uso Eficiente
Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional
Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado. Universidad Tecnológica Nacional

EROSIÓN EN LOS ÁLABES POR CONDICIÓN DEL VAPOR EN LAS TURBINAS DE VAPOR.

Ing. Petras Juan Carlos¹, Sr. Viale Rodrigo Marcos², Sr. Voukelatos Jorge Tomás³

¹Facultad Regional Avellaneda. Universidad Tecnológica Nacional
Ramón Franco 5050 (B1874ABY). Villa Dominico. Pcia. de Bs. As.

jpetras@fra.utn.edu.ar

²rodrigomarcosviale@hotmail.com

³jtvouke@hotmail.com

RESUMEN

Este trabajo fue efectuado en el marco del PID "DESARROLLO DE UN MÉTODO DE DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ENSUCIAMIENTO DE UN CONDENSADOR REFRIGERADO POR AGUA USADO EN CICLOS RANKINE Y COMBINADO" Corresponde destacar que, si bien el mismo no afecta a la eficiencia de la unidad, si lo hace a la disponibilidad de la máquina.

El objetivo del trabajo ha sido evaluar el desgaste de los álabes por efecto de circular a través de los mismos vapor con título. La metodología de evaluación fue realizar las determinaciones del desgaste en las distintas etapas de una turbina de baja presión.

Como uno de los vectores de la investigación es la transferencia del conocimiento sobre todo a los integrantes del propio grupo de trabajo y a posterior a los alumnos en Gral. Se ha procedido en relevar el perfil de un álabe de la máquina seleccionada en este PID. Para esto se tomó una muestra del espacio entre dos álabes a través de un elastómero que solidifica luego del proceso de polimerización. Se escanea el mismo y se obtiene los perfiles en Autocad®.

Palabras clave: Turbina, álabe, Vapor, título, erosión.

1 INTRODUCCION

Al convertir la energía del vapor en trabajo en una turbina, este pierde presión y temperatura. El vapor ingresa en la turbina de alta presión, luego pasa por la turbina de media presión y finalmente por la turbina de baja presión. Al bajar la presión el volumen específico del vapor aumenta y esto determina la necesidad de modificar el diseño aumentando el tamaño de los álabes. En el caso de las turbinas de baja presión, es regla del buen arte diseñarlas de doble flujo axial. Para compensar las fuerzas axiales debido al producto de las presiones de trabajo y las secciones transversales de flujo.

2 TURBINA A VAPOR

En la fig.1 podemos apreciar el corte de toda la turbina de vapor. Estando ubicado el eje de la turbina de alta presión a la izquierda, en el centro se encuentra la turbina de media presión y a la derecha el cuerpo de la turbina de Baja Presión.

En la fig. 2 se puede observar completa la turbina de baja presión y en la fig. 3 los álabes fijos de las etapas n, n-1 y n-2 que se encuentran coloreados.

En dichos álabes fijos se concentró el trabajo. Debido a que en las últimas etapas de la turbina de baja presión el vapor entra dentro de la campana como se aprecia en la fig. 4. El vapor exhausto, una vez que completa el paso por la turbina de baja presión, es descargado al condensador en la condición g de dicha figura. Suponiendo una temperatura de condensación próxima a los 30°C la relación de los volúmenes específicos es del orden de 30'000 a 1. Esto indica que una gota de agua condensada pesa 30'000 veces más que su equivalente de vapor en volumen. O sea que la fuerza ejercida al álabe por la gota de agua condensada es de 30000 veces mayor respecto a la ejercida por el vapor. Esto se debe a que la gota de agua se mueve a la misma velocidad que el vapor.

Por supuesto la fuerza centrífuga debida a la velocidad de giro de la máquina, moverá al agua condensada hacia la periferia. En la máquina estudiada los álabes fijos tienen 350000 horas de operación y en la fotografía 1 se ve el desgaste del álabe fijo por erosión de las gotas de agua, la fotografía 1 corresponde a la zona N de la fig. 3. En la fotografía 2 se aprecia con más detalle el comienzo del mismo álabe fijo. El escalón que se visualiza debe ser formado por la alta diferencia de densidad entre líquido y vapor (ya que es la zona más próxima al eje de rotación) más el efecto de la capa límite debido a la circulación del vapor húmedo sobre la banda que une los álabes fijos (zona sin desgaste).

3 RELEVAMIENTO DE DATOS

Con el objetivo de mensurar este desgaste, se procedió a tomar modelos rígidos en negativo de los mismos. Se efectuó a través de la polimerización de una pasta epoxi. La fotografía 3 muestra este procedimiento. Las fotografías 4, 5 y 6 muestran las muestras desmoldadas de los álabes fijos n, n-1 y n-2 respectivamente.

Nótese el mayor tamaño del resalte que se evidencia en la fotografía 4, uno menor en la fotografía 5 y la inexistencia del resalte en la fotografía 6. La fotografía 4 corresponde a la última etapa, o sea a la salida del vapor en el punto g de la figura 4. La fotografía 5 corresponde a la etapa n-1, en la figura 4 esta se encuentra por arriba del punto g pero debajo de la campana. La fotografía 6 se encuentra muy próxima a la campana ó por encima de ella. Observándose que no hay evidencia de erosión provocada por gotas de agua.

4 DATOS DE DESGASTE

En la figura 5 se observa la fotografía 4 puesta en el Autocad®. Sobre la misma se traza el perfil correspondiente a la sección del álabe donde está erosionado y se hacen dos copias para visualizar tres álabes respetando el paso entre ellos, esto se visualiza en la figura 6. En la figura 7 se ve el mismo trabajo hecho para la sección correspondiente al perfil del álabe original. En la figura 8 se superponen los mismos para dejar en evidencia la sección de álabe erosionada. En la figura 9 se representa la zona desgastada por una serie de líneas con un paso de 1mm medido sobre el perfil desgastado y perpendicular a este. Las mismas son utilizadas para poder mensurar el desgaste. Todo este proceso realizado para los álabes fijos n también se realizó para los álabes fijos n-1 mostrándose su resultado en la figura 10.

En la figura 11 están graficados los valores de desgaste en ordenadas respecto de la longitud de desgaste en forma porcentual, es para hacer comparativas ambas curvas. Se observa que el máximo desgaste se produce entre el 90 y el 95 % de la longitud del perfil erosionado.

5 CONCLUSIONES

Este relevamiento es para una sola máquina y en un solo estado de vida útil de la misma. Sería bueno poder generar las condiciones para mensurar estos datos en gran parte del parque térmico energético de las máquinas turbovapor, para tener una conclusión de las turbinas a vapor operadas en el país y poder intervenirlas antes que una falla genere una indisponibilidad mínima de 6 meses más los costos del mantenimiento correctivo que la misma conlleva.

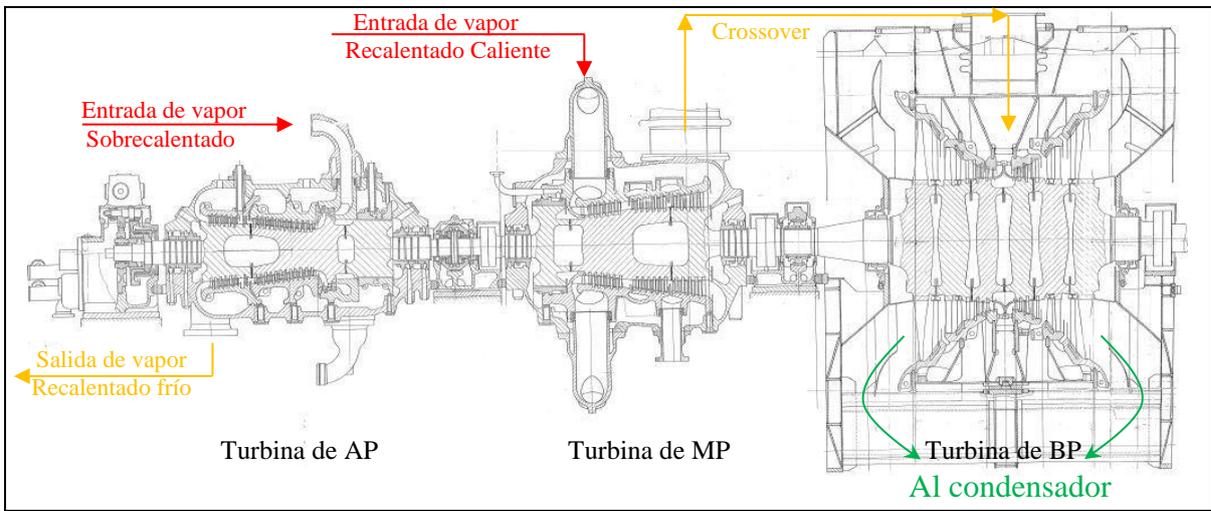


Fig.1

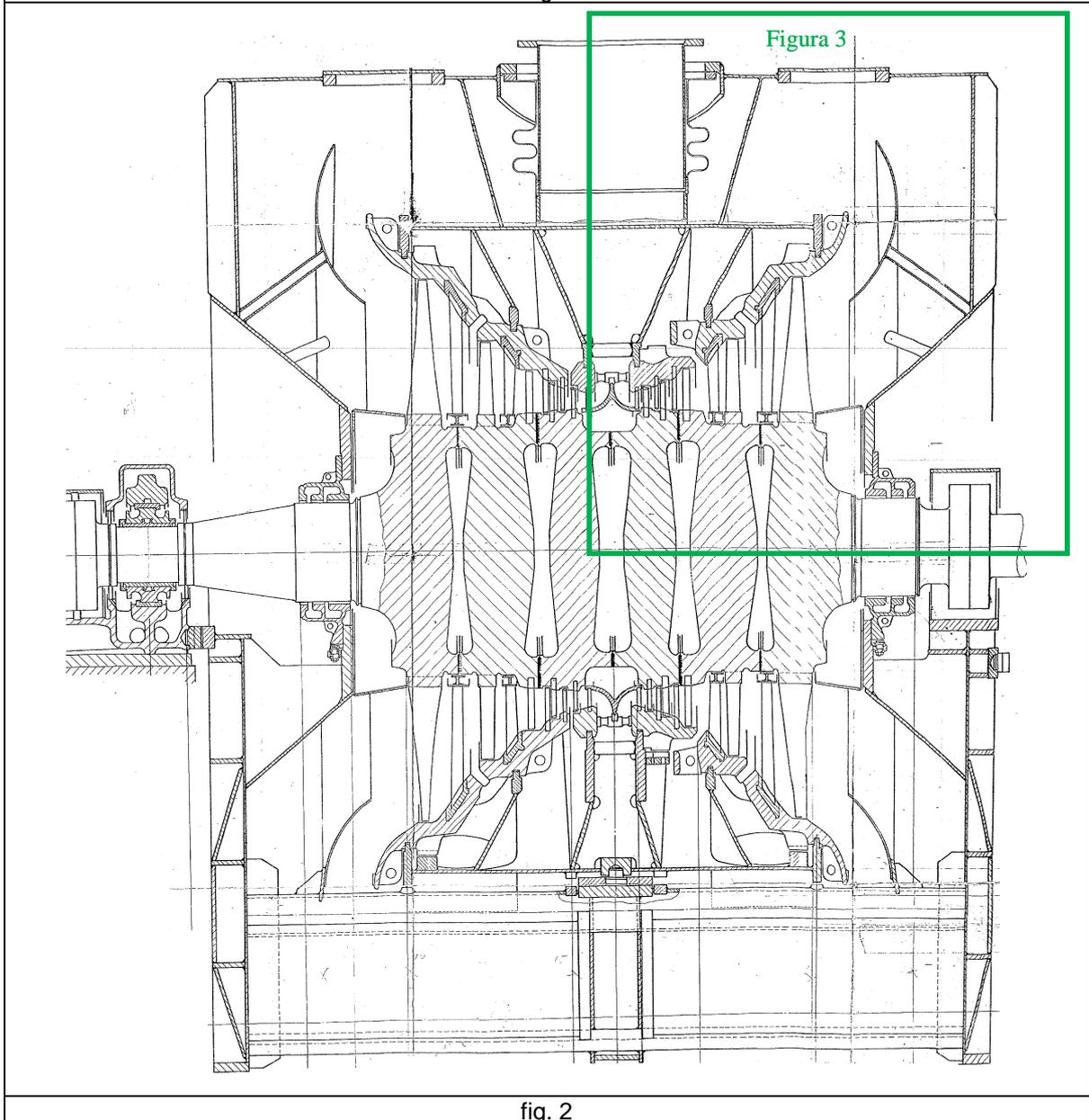


fig. 2

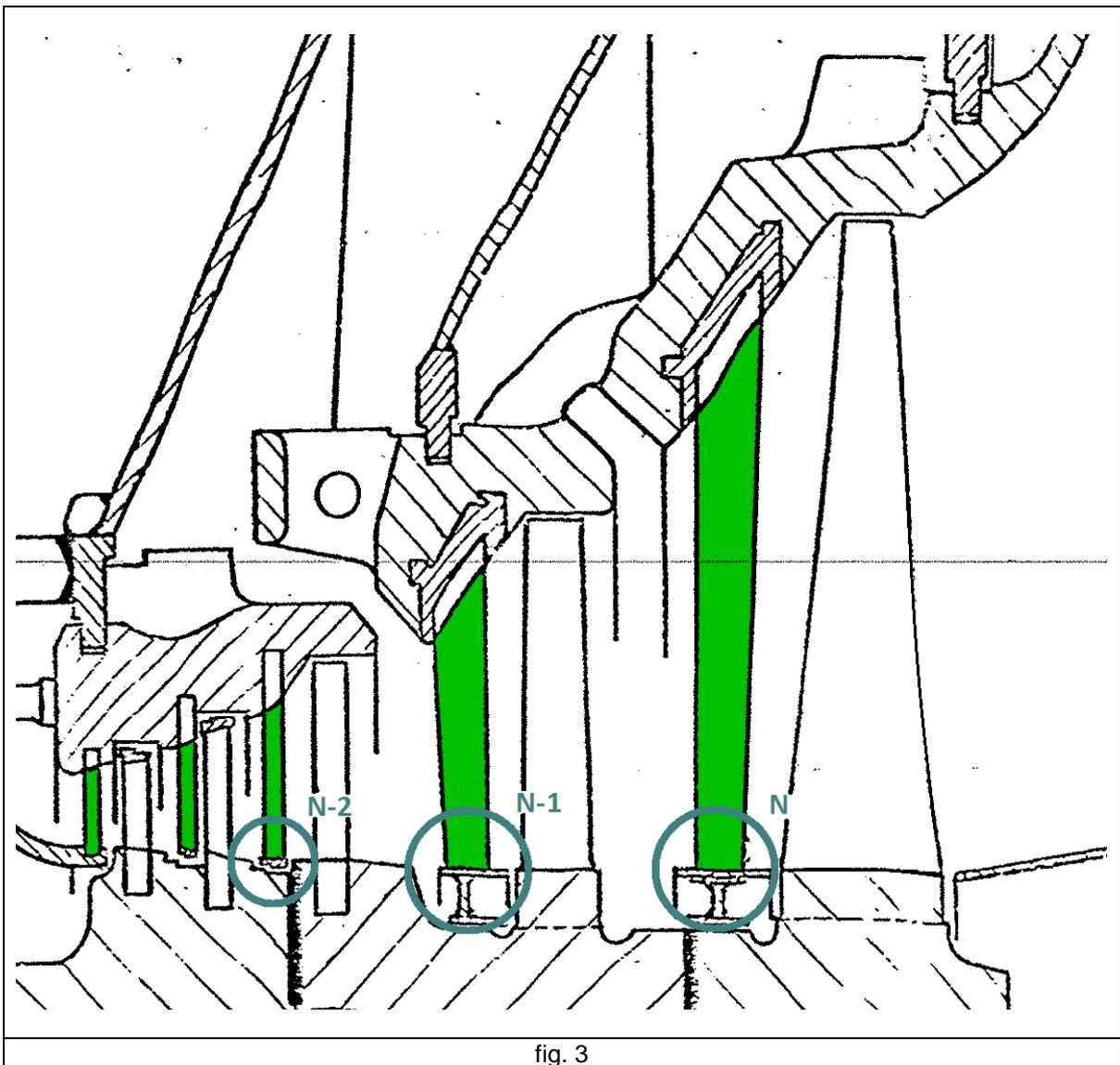


fig. 3

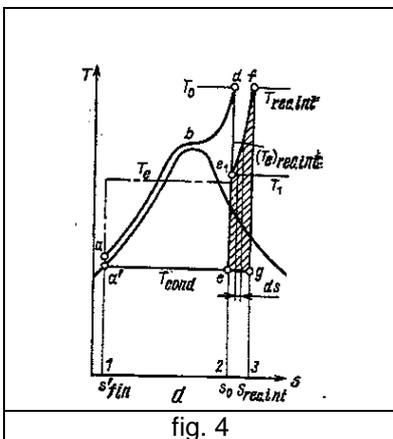
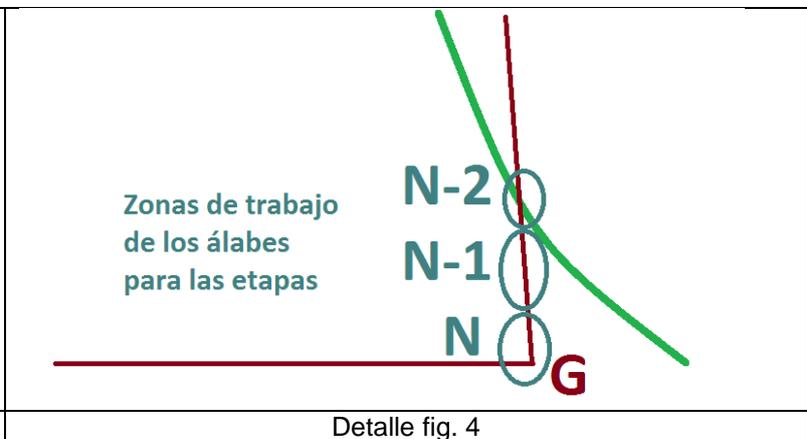
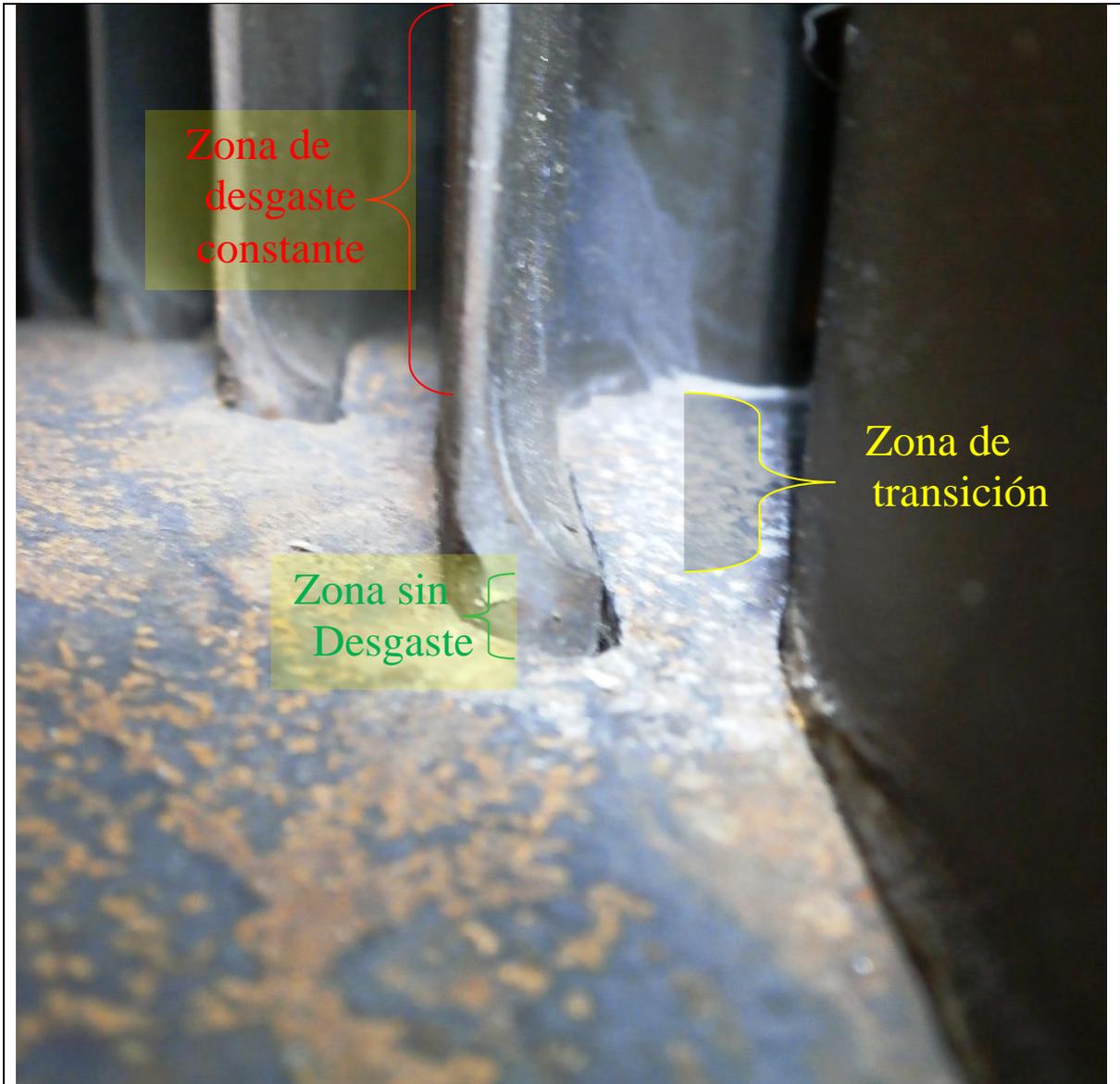


fig. 4



Detalle fig. 4



Fotografía 1



Fotografía 2



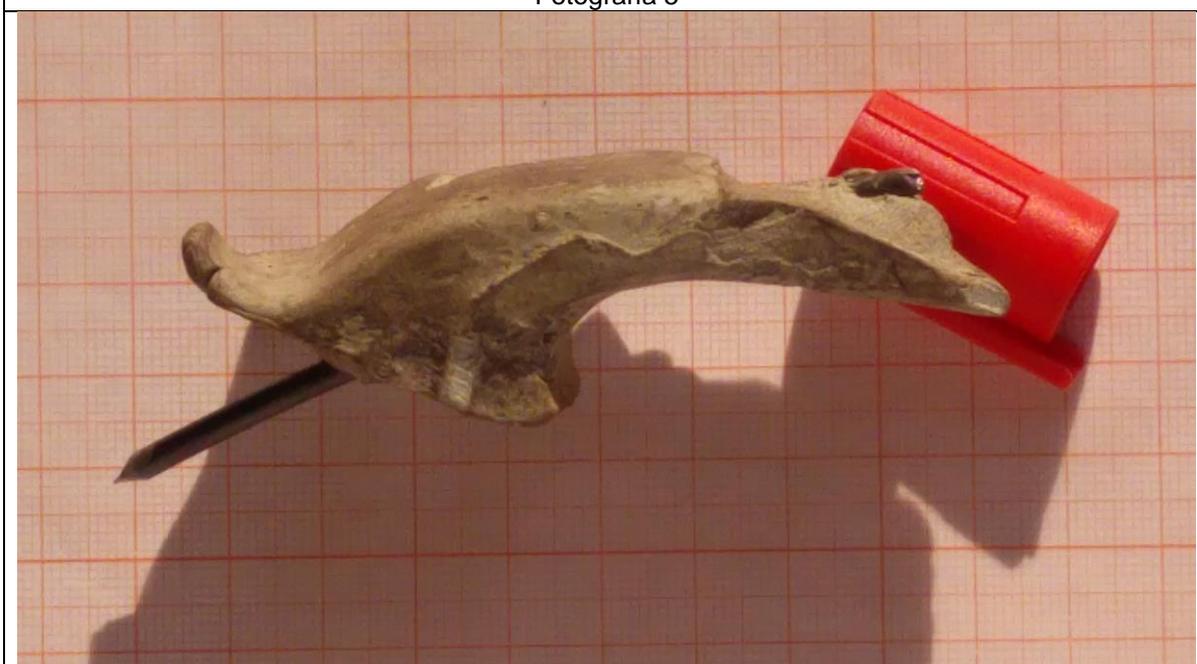
Fotografía 3



Fotografía 4



Fotografía 5



Fotografía 6



figura 5

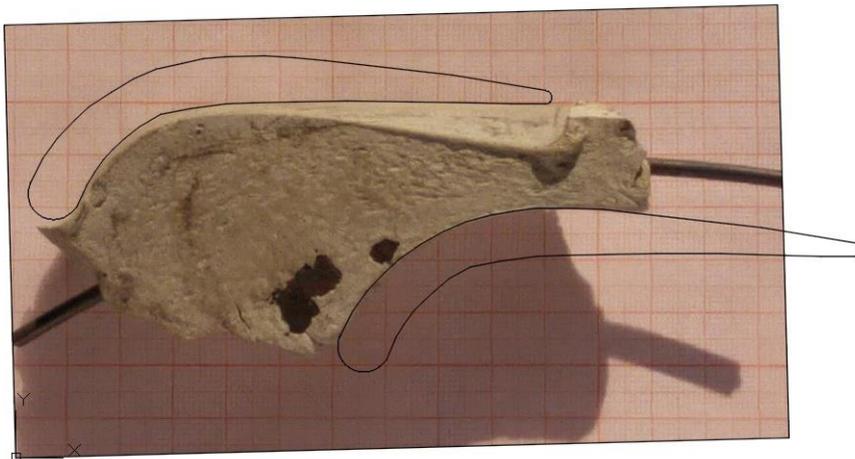
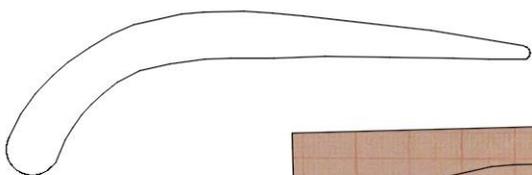


figura 6

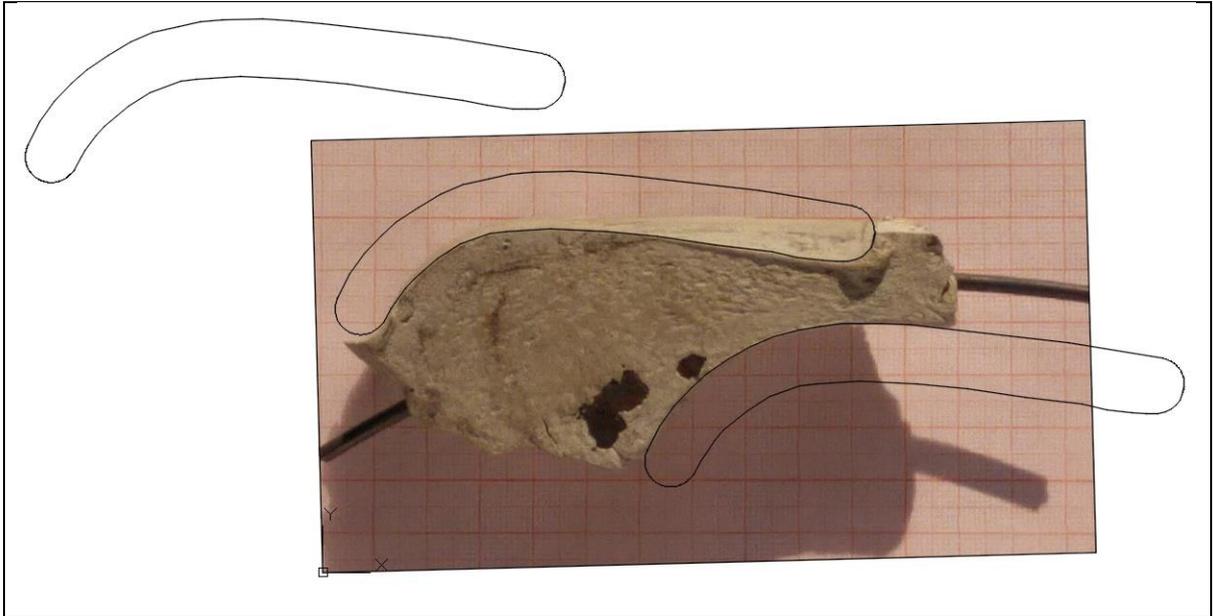


figura 7

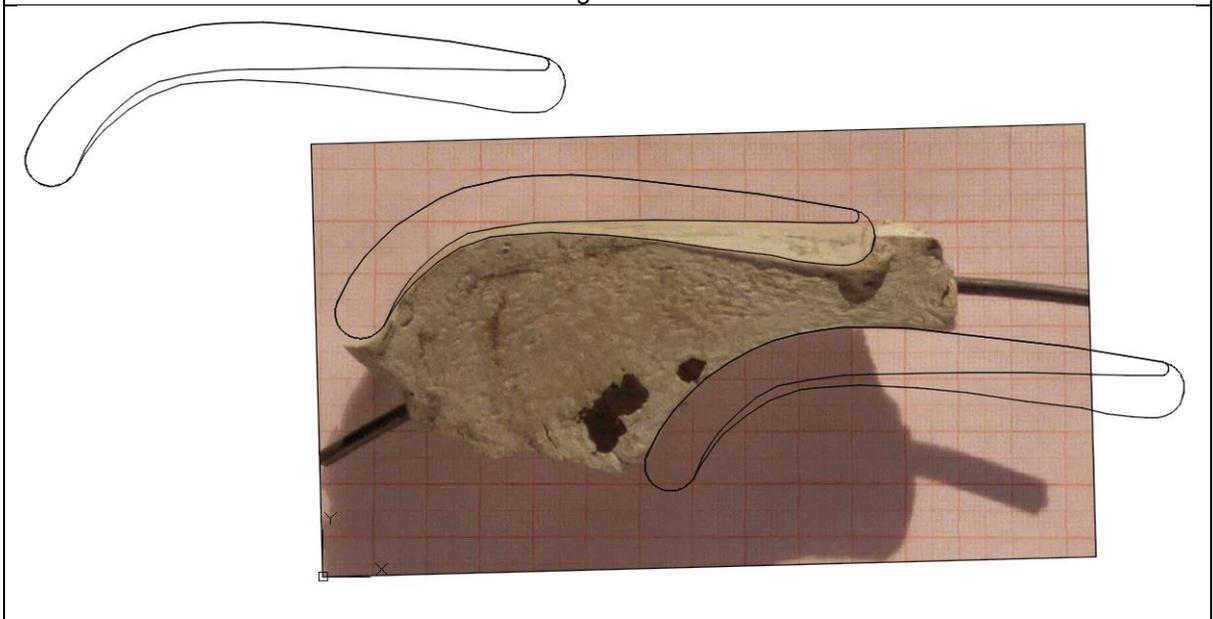


figura 8

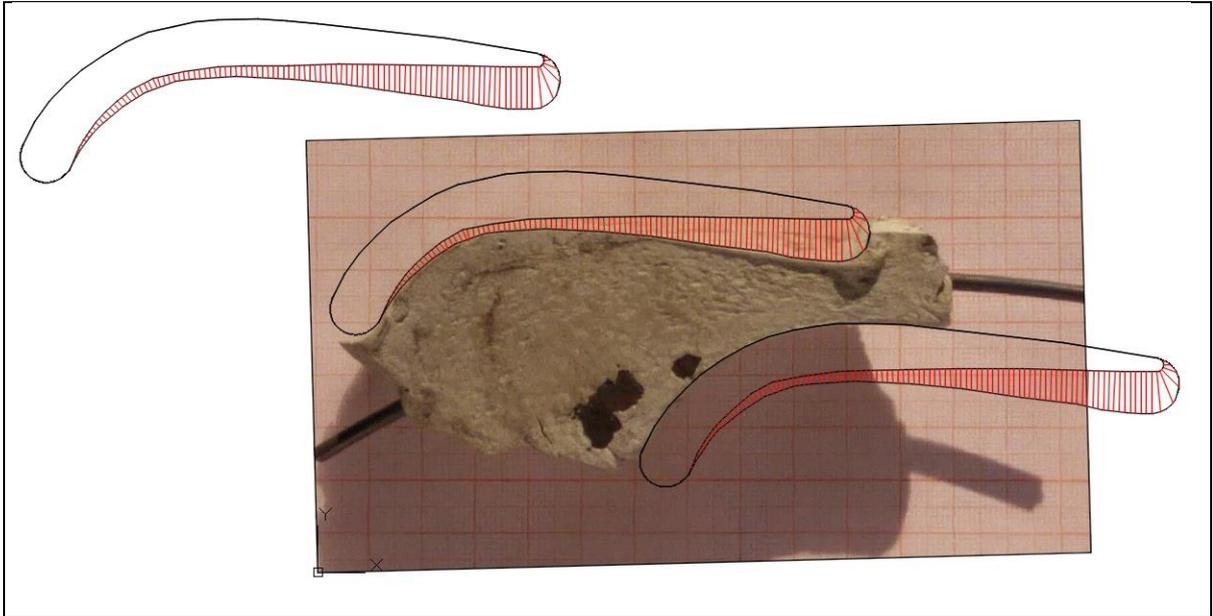


figura 9

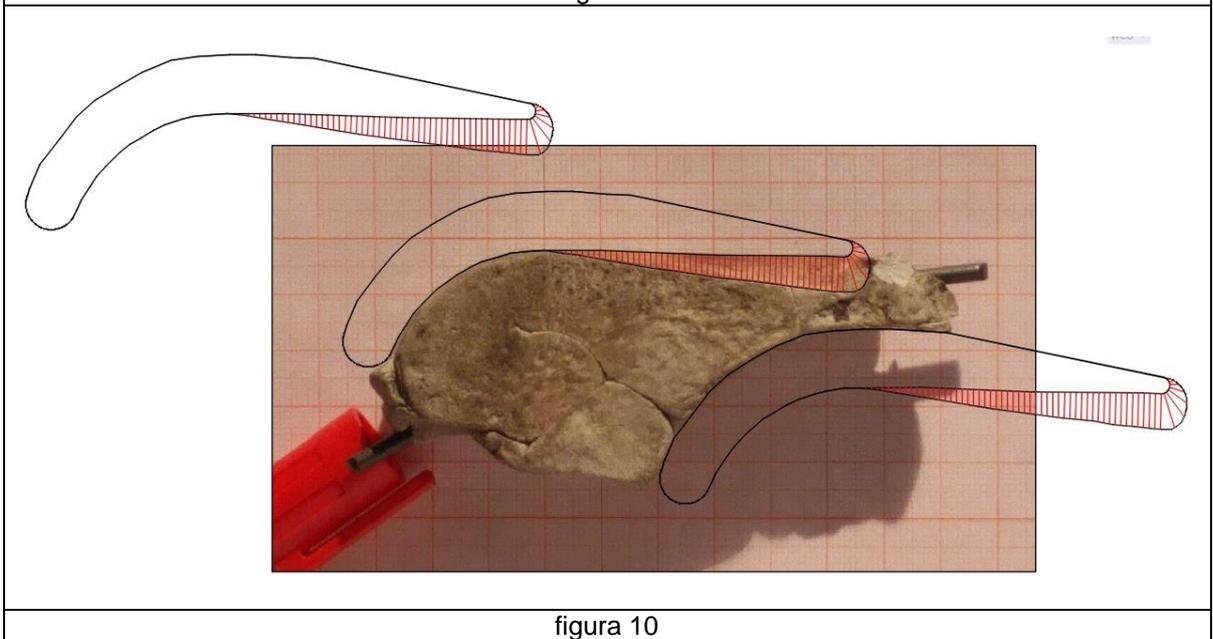
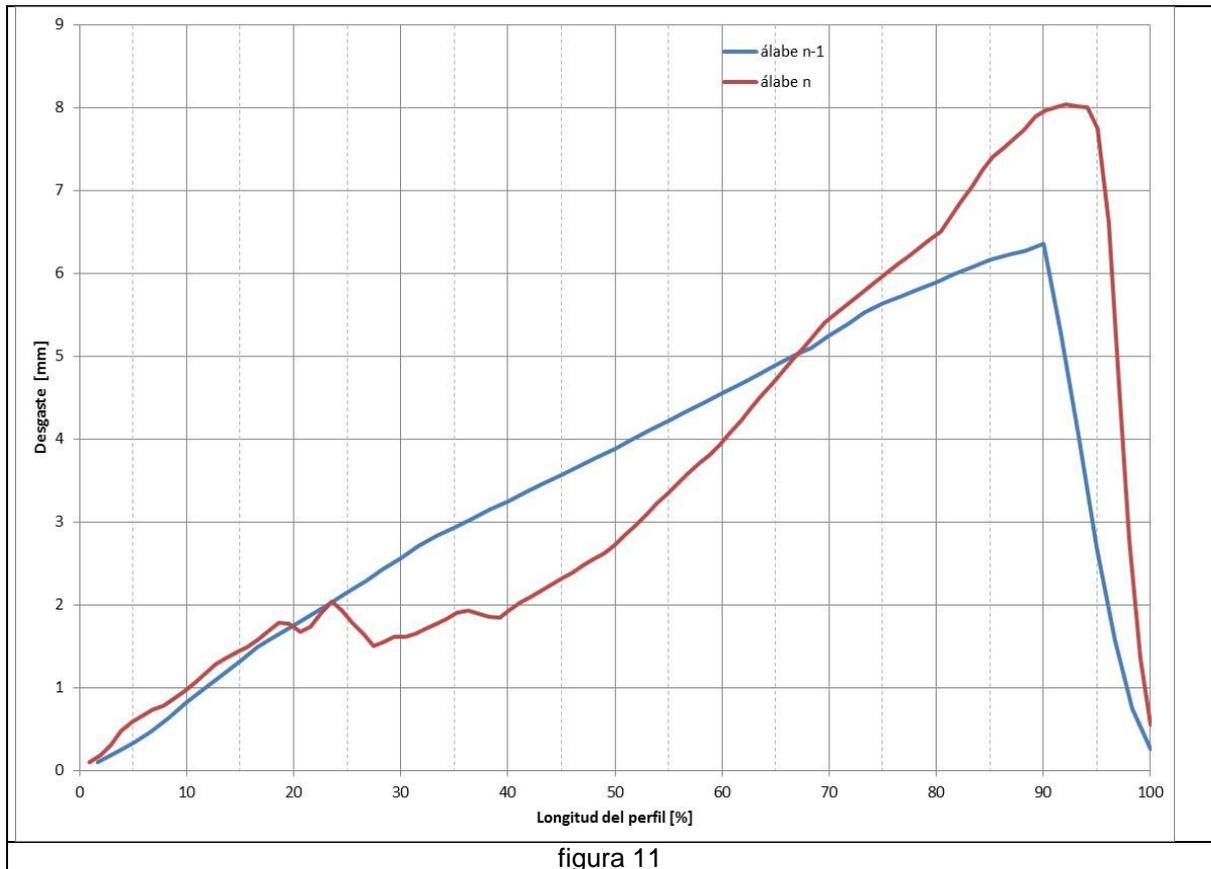


figura 10



REFERENCIAS

- [1] Cooper, J.R.; Dooley, R.B.; (2007). Revised Release on the IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam. Lucerne, Switzerland.
- [2] Troyanovski, B.M.; Filippov, G.A.; Bulkin, A.E.. (1987). Turbinas de Vapor y de Gas de las centrales Nucleoeléctricas. Editorial MIR Moscú.

Área temática: Resultados de los grupos de investigación del Programa de Energía de la UTN.

ESTUDIO DE INDICADORES ENERGETICOS EN HOTELES PARA DETERMINAR LA LINEA DE BASE EN LA APLICACIÓN DE LA NORMA ISO 50001

Odobez, Norberto Santiago¹, Parente, Jorge Raúl², Soldatti, María Elena³, Godoy, Carlos Hernán⁴

¹Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Delta, Centro de Energía y Ambiente.
San Martín 1171-2804-Campana-Buenos Aires.

odobezn@frd.utn.edu.ar

parentej@frd.utn.edu.ar; soldattan@frd.utn.edu.ar; godoycarlos74@yahoo.com.ar

RESUMEN

En la región de influencia de la Facultad en los últimos años se produjo un incremento en la oferta hotelera debido a varios factores, entre ellos la radicación de nuevas industrias y el impulso al turismo. Las perspectivas del incremento en los costos de la energía que se ha concretado en éstos últimos meses nos llevó al interés de estudiar la eficiencia energética en el rubro hotelero de la región, además el vínculo con los municipios de Zárate y Campana que manifestaron la inquietud de aportar a éste sector pautas para lograr su eficiencia energética.

En otro sentido la normativa ISO 50001 de sistemas de gestión energética requiere para su aplicación que se determine la línea de base de los consumos energéticos; si su aplicación se piensa para el sector hotelero es importante determinar cuál línea de base es la más adecuada en función de la dimensión o característica del hotel que la aplica.

El objetivo del trabajo fue determinar en función de la caracterización de los hoteles de la región cuál sería la línea de base y los indicadores asociados más adecuados.

La metodología fue recabar información de la oferta hotelera y clasificarla en función de las plazas disponibles, habitaciones y su superficie cubierta, entre otras y en base a éstas se determinaron los indicadores energéticos más adecuados a cada clasificación.

Como conclusión del trabajo se muestra la metodología empleada, los indicadores estudiados y de estos el más adecuado. Resultó con mayor correlación, en los tres casos estudiados, el indicador: Energía Total Consumida en kWh/ Habitación Día Ocupada (HDO) vs Grados Día GD.

Palabras clave: Eficiencia energética, Línea de base, Indicadores energéticos

1.- INTRODUCCIÓN

La Norma ISO 50001:2011; "Sistemas de gestión de la energía — Requisitos con orientación para su uso", tiene como objetivo especificar los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía, con el propósito de permitir a una organización contar con un enfoque sistemático para alcanzar una mejora continua en su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de la energía.

El punto "4.4.4 Línea de base energética" la norma establece que: "La organización debe establecer una(s) línea(s) de base energética utilizando la información de la revisión energética inicial y considerando un período para la recolección de datos adecuado al uso y al consumo de energía de la organización. Los cambios en el desempeño energético deben medirse en relación a la línea de base energética.

Deben realizarse ajustes en la(s) línea(s) de base cuando se den una o más de las siguientes situaciones:

— los IDEns (Indicadores de desempeño energético) ya no reflejan el uso y el consumo de energía de la organización;

— se hayan realizado cambios importantes en los procesos, patrones de operación, o sistemas de energía; o

— así lo establece un método predeterminado.

La(s) línea(s) de base energética debe mantenerse y registrarse.

La norma define a la Línea de Base Energética como una “referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético.

NOTA 1: Una línea de base energética refleja un período especificado.

NOTA 2: Una línea de base energética puede normalizarse utilizando variables que afecten al uso y/o al consumo de la energía, por ejemplo, nivel de producción, grados-día (temperatura exterior), etc.

NOTA 3: La línea de base energética también se utiliza para calcular los ahorros energéticos, como una referencia antes y después de implementar las acciones de mejora del desempeño energético. [1]

2.- ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

2.1 CASO DE LOS HOTELES

Los hoteles se enmarcan en el sector de los servicios y los podemos clasificar atendiendo a diversos criterios, los cuales nos permiten presentar la estructura hotelera:

Por categoría hotelera, distribución de hoteles según el número de estrellas. Atendiendo al número de habitaciones y plazas hoteleras. Por tipología de hotel, analizando si son hoteles de playa o de interior. Por su ubicación y localización geográfica.

Generalmente el consumo de energía eléctrica en los hoteles es el principal consumo energético de un hotel y se destina a proporcionar servicios de climatización, alumbrado, bombeo de agua, ascensores, maquinaria eléctrica de cocinas, restaurante, lavandería, etc.

El consumo de energía eléctrica varía durante el año, debido a diversos factores como la ocupación o la diferente climatología en cada época, así como también varía a lo largo de un día.

Con un consumo energético ligeramente menor (salvo en zonas climáticas frías extremas), encontramos la demanda de energía térmica que generalmente se realiza a través de combustibles gaseosos; líquidos y/o biomasa. Utilizados para producir Agua Caliente Sanitaria, para la calefacción, para la climatización de piscinas cubiertas (si es que se dispone en el hotel), para suministro en cocina y en ocasiones para la lavandería. [2]

2.2 INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICOS (IDEs)

Hablar de indicadores de desempeño energéticos (IDEs) es hablar de indicadores que se utilizan, por un lado, en la determinación de la línea de base energética para su propia referencia a la hora de aplicar ahorros de energía y también sirven para hacer comparaciones entre diferentes hoteles.

Para este último caso, el más utilizado en el sector a nivel internacional es el kWh/m²/año ya que permite sin demasiada información poder hacer comparaciones entre los diferentes hoteles en lugar de kWh/pernocta/año, ya que esta última es susceptible de fluctuaciones a causa de las variaciones anuales de los niveles de ocupación.

Sin embargo se puede decir que a nivel gerencial este último indicador es totalmente válido para considerar el rendimiento empresarial.

En Estados Unidos y México se utiliza el indicador de consumo energético por metro cuadrado (por ejemplo kWh/m²). En el caso de Cuba por otro lado, este indicador es poco utilizado y generalmente se aplica el consumo físico por habitación ocupada. En el sector hotelero existe una tendencia mundial de expresar el indicador de EE en KiloWatt hora por Habitación día ocupada (kWh/HDO). Según un estudio realizado para distintas cadenas hoteleras cubanas, en ese país el indicador kWh/HDO también es el más utilizado, no obstante existen grandes diferencias en magnitudes. [3]



El inconveniente lo encontramos a la hora de comparar estos ratios energéticos, dado que los factores que los modifican pueden ser muy distintos para cada hotel.

Si encontrásemos 2 Hoteles exactamente iguales en todo, con la única y simple diferencia de la localización del mismo, encontraríamos diferencias notables en sus indicadores energéticos tan solo por verse influenciados por las diferentes climatologías.

Pero si existen algunos indicadores publicados por la Organización Mundial de Turismo que ha valorado como dato de referencia más importante un indicador de $kwh/m^2/año$.

Basándose en 20 estudios realizados en diferentes países y con muy distintas tipologías de hoteles se ha establecido una franja media de entre 200 – 400 $kwh/m^2/año$. [4] [5]

Cabe destacar que dichos datos se basan en estudios realizados en su mayoría en países del norte de Europa, con demandas energéticas elevadas en climatización.

Otro factor importante a la hora de fijar estándares de evaluación a través de indicadores es el saber agrupar los hoteles en categorías que diferencien unos establecimientos de otros. La separación a partir de características comunes como lo son el lujo, la cantidad de habitaciones y los servicios extra ofrecidos (piscina temperada, lavandería, aire acondicionado etc.) sirven para distinguir entre estructuras de consumo que son muy distintas, especialmente entre hoteles pequeños y hoteles más grandes con distintos estándares de confort. [6]

Como este trabajo no se pretende comparar hoteles sino determinar un indicador que permita ser utilizado en la generación de la línea de base energética para que la empresa hotelera pueda tomarlo como valido a la hora de aplicar un SGE y de referencia para la realización de sus acciones de eficiencia energética, es que se buscaron diferentes alternativas.

La determinación de la línea de base energética en hoteles ,no es una tarea fácil, si se quiere tener precisiones o confianza sobre esta línea de base adoptada ya que la dinámica de los hoteles y la variedad de sus prestaciones hace compleja la decisión de definir la misma.

De los indicadores relevados en la bibliografía consultada surge una gran variedad que permite según la importancia que el propietario le asigne pueda utilizar, teniendo en cuenta cual refleje mejor la situación operacional del establecimiento.

Algunos de estos indicadores energéticos que se han utilizado más frecuentemente son: [6] [7] [8]

- Consumo energético (kWh) por Pernocta y por año.
- Consumo energético (kWh) por Habitación Ocupada y por año.
- Consumo energético (kWh) por Habitación y por año.
- Consumo energético (kWh) por Plaza Hotelera y por año.
- Consumo energético (kWh) por m^2 Construido y por año.
- Consumo energético (kWh) por Comida Servida.
- Litros de Agua Caliente por Pernocta.
- Consumo de agua potable en m^3 por m^2 /mes
- % gastos de energéticos vs. Ingresos

3.- METODOLOGÍA

El objetivo general del presente trabajo es el desarrollo de indicadores del desempeño energético en edificios hoteleros de la ciudad de Zarate- Campana a partir de información recopilada en campo y la bibliografía.

En la industria hotelera existe una carencia absoluta de este tipo de indicadores que permitan a los hoteles llevar un registro permanente de sus consumos y compararse con la competencia, mejorando aquellos aspectos en que se encuentran débiles.



Se tomó contacto con los hoteles de la región por medio de los Municipios de Campana y Zarate a través de la Subdirección de Turismo y Secretaría de Desarrollo Económico respectivamente. Las mismas facilitaron un listado de los hoteles de cada distrito con información que se resumen en la Tabla 1 y Tabla 2.

Clasificación	N° Hoteles	%	N° medio Habitaciones	m ² Totales	Restauran /Bar	Estacionamiento
4 Estrellas	1	16	45	1200	si	si
3 Estrellas	4	66	35	600	si	si
1 Estrella	1	16	15	250	no	no

Tabla 1. Tamaño medio hoteles por categoría

Clasificación	N° Hoteles	%	N° medio Habitaciones	m ² Totales	Restauran /Bar	Estacionamiento
3 Estrellas	3	27	30	1000	si	si
No categorizados	8	73	20	250	si	si

Tabla 2. Tamaño medio hoteles por categoría

Luego se generó una planilla para que cada hotel enviara la información de base que necesitamos para generar los indicadores, como complemento a la información ya enviada, como se muestra en la Figura 1.

Caracterización de Hoteles

N° HABITACIONES TOTALES:

SUPERFICIE CUBIERTA TOTAL:

CATEGORIAZADO:

AÑO:

SALONES (cantidad y capacidad):

Si/No

RESTAURANT / BAR (cantidad de cubiertos):

PILETA : Si/No **CLIMATIZADA**

Si/No **SPA** Si/No

GIMNACIO

	CONSUMO ELECTRICIDAD	CONSUMO GAS	CANTIDAD DE DIAS OCUPADOS	N° PLAZAS ocupadas en el mes
MES	kWh	Nm3	HDO= Habitación días ocupado :	
ENERO				
FEBRERO				
MARZO				
ABRIL				
MAYO				
JUNIO				
JULIO				
AGOSTO				
SETIEMBRE				
OCTUBRE				
NOVIEMBRE				
DICIEMBRE				

HDO= Habitación días ocupado : Ejemplo hotel con 5(cinco) habitaciones.

En el mes de enero la habitación 1 se ocupó 10días; La habitación 2 se ocupó 5días, la 3,4,y5 se ocuparon 20días, entonces el HDO seria 10+5+20+20+20= 75

Figura 1. Planilla de solicitud de información

Dado la disparidad en la información y su confidencialidad se optó por trabajar con datos estadísticos obtenidos del INDEC en el caso de Ocupación Hotelera para la región. [9]

Hotel / Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 y 2 Estrellas	74,0	61,1	24,2	22,8	17,2	16,3	20,4	21,1	18,2	24,2	22,3	22,8
3 Estrellas y Boutique y apart-hoteles	76,5	67,4	39,8	26,4	21,3	18,0	29,2	22,3	28,3	30,3	30,8	35,3
4 y 5 Estrellas	68,4	60,1	42,5	34,8	26,3	22,2	34,0	31,4	39,7	37,7	33,0	40,3
Para-hoteleros	67,6	58,0	32,9	20,0	18,0	11,7	20,5	17,9	24,7	24,6	39,6	34,8

Tabla 3. Porcentaje de ocupación hotelera mensual 2015 Pcia. Buenos Aires Fuente: INDEC.[9]

Los establecimientos hoteleros son aquellos categorizados como hoteles 1, 2, 3, 4 y 5 estrellas y apart-hoteles. Los establecimientos para-hoteleros incluyen: hoteles sindicales, albergues, cabañas, bungalows, hospedajes, bed & breakfast, hosterías, residenciales, etc.

Para el estudio se consideraron tres tipos de hoteles por su categoría, a saber:

- Caso A, Hotel (cuatro estrellas), Cantidad de habitaciones 46, Superficie 1200m²
- Caso B, Hotel (para-hoteleros), Cantidad de habitaciones 15, Superficie 250m²
- Caso C, Hotel (tres estrellas), Cantidad de habitaciones 25, Superficie 800m²

3.1 VARIABLES PARA EL ANÁLISIS

3.1.2 Habitaciones días ocupados

En base a la ocupación Hotelera (Tabla 3) y la cantidad de habitaciones por tipo de hotel se determinó las habitaciones días ocupados (HDO) mensual (HDO= % de Tabla 3 x día del mes x cantidad de habitaciones) para cada hotel con los siguientes resultados:

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Caso A	975	802	606	480	375	306	485	448	548	538	455	575
Caso B	314	252	153	90	84	53	95	83	111	114	178	162
Caso C	593	489	308	198	165	135	226	173	212	235	231	274

Tabla 4. Valores de HDO habitaciones días ocupados para cada mes y hotel

3.1.3 Grados día o Degree day

Los Grados día (GD) o Degree day son muy importante para calcular la demanda energética -tanto en frío como en calor- de un determinado sistema de climatización. Por ello es imprescindible conocer, usar y saber calcular este parámetro climático.

Los grados de un período determinado de tiempo (una semana, un mes, etc.) son la suma, para todos los días de ese período de tiempo, de la diferencia entre una temperatura fija o base y la temperatura media del día. Cuando esa temperatura media diaria sea inferior a la temperatura base, obtendremos los Grados día de calentamiento; si, por el contrario, esa temperatura media

diaria es superior a la base, obtendremos los Grados día de enfriamiento. Así podemos tener dos tipos de Grados día: de calentamiento o de enfriamiento.

Los Grados día son un parámetro importante a considerar para la definición de las estrategias de diseño o los requerimientos de climatización (natural o artificial) y, por lo tanto, la demanda de energía de una edificación. Los Grados día se pueden definir como los requerimientos de calentamiento o enfriamiento (en grados centígrados o Kelvin), necesarios para alcanzar la zona de confort, acumulados en un cierto período de tiempo (generalmente un mes; aunque podrían ser semanales, o incluso horarios). Esta temperatura de confort es la temperatura base (TB) fijada.

Utilizamos para realizar el estudio una estación Davis Vantage Pro 2 [10] instalada en nuestro Centro de Energía y Ambiente Elev: 20 m LAT: 34° 10' 43" S LONG: 58° 57' 44" w ; y escogimos la temperatura de base en 18°C para calentamiento y 24°C para enfriamiento. Tabla 5

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Días Grado	59	56	45	58	138	219	251	168	184	152	53	68

Tabla 5. Datos de los días grado (DG) correspondientes al año 2015
Fuente: Elaboración propia

3.1.4 Temperatura ambiente

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temperatura en °C	23,9	24,1	22,3	19,9	16,2	12,8	12	14,8	14,2	15,6	20,2	24,3

Tabla 6. Temperatura mensual en °C para el año 2015 Elaboración propia. Estación Meteo [10]

3.1.5 Consumo energético total

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Caso A	20194	22223	18717	15944	28357	28695	45996	46435	32839	33819	24009	30771
Caso B	4933	5428	4572	3894	6926	7009	11235	11342	8021	8260	5864	7516
Caso C	13463	14815	12478	10630	18905	19130	30664	30957	21892	22546	16006	20514

Tabla 7. Consumo energético total en kWh

4. ANÁLISIS DE INDICADORES

Una vez obtenidos los datos, se estudiaron posibles indicadores, en función de variables como la tasa de ocupación, número de habitaciones, superficies y la influencia del clima. Se estudió la correlación entre los consumos obtenidos y estas variables, de manera de determinar los indicadores que más fielmente reflejan e influyen en el consumo energético de los establecimientos.

Para el análisis se tomaron en cuenta cinco indicadores que son los más utilizados o característicos para la hotelería según la bibliografía:

Energía Total Consumida en kWh vs. Habitación Día Ocupada (HDO) y por año.

Energía Total Consumida en kWh vs. Grados Día (GD)

Energía Total Consumida en kWh vs. Temperatura ambiente (Ta) y por año.

Energía Total Consumida en kWh/m² Construido vs. Grados Día y por año.

Energía Total Consumida en kWh/HDO vs Grados Día y por año

El método utilizado fue el uso del coeficiente de correlación, [11] con el cual se puede determinar si existe una relación lineal entre ambas variables analizadas. A través del análisis de la dispersión de los puntos con respecto a la línea de tendencia, un coeficiente de correlación R² cercano o igual a 1 confirma la relación lineal mientras que R² cercano a 0 indica alta dispersión de los datos.

Los cuatro primeros indicadores se muestran en las figuras 2, 3, 4 y 5 respectivamente y corresponde al análisis realizado sobre el hotel Caso A. Se realizó el mismo análisis en los Casos B y C con similares resultados de correlación de los índices.

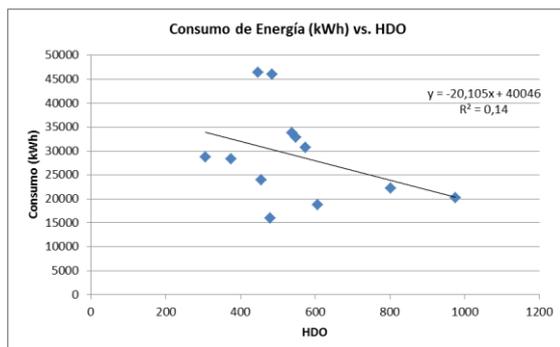


Figura 2. Energía Total Consumida en kWh vs HDO

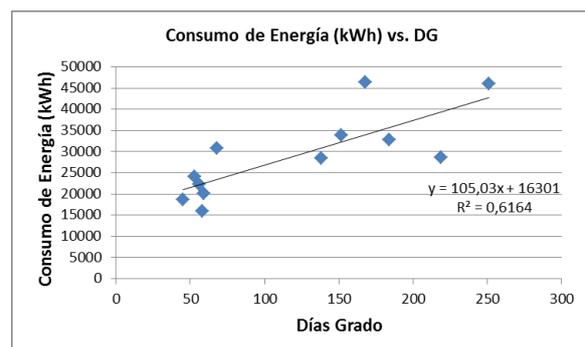


Figura 3. Energía Total Consumida en kWh vs DG

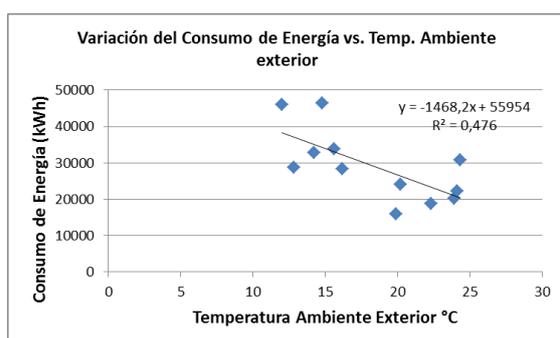


Figura 4. Energía Total Consumida en kWh vs Ta

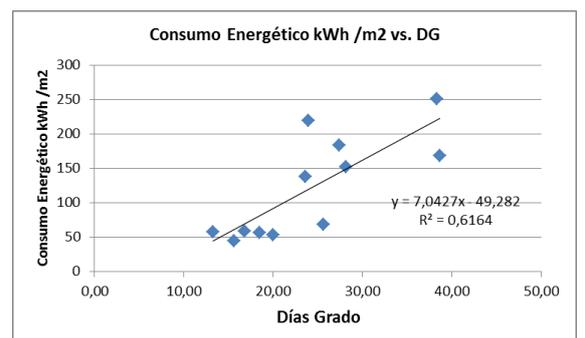


Figura 5. Energía Total Consumida en kWh/m² vs DG

Luego se ensayaron otros como por ejemplo kWh/m² vs Temperatura ambiente; kWh/HDO vs HDO; kWh vs Inversa de la temperatura ambiente.

Por ultimo mostramos en las figuras 6,7.8 el indicador que nos reflejó la mejor performance que es Energía Total Consumida en kWh/ Habitación Día Ocupada (HDO) vs Grados Día (GD), este indicador conjuga mejor dos variables que son sensibles a los consumos como son la habitación ocupada y el clima representado por los Grados días.

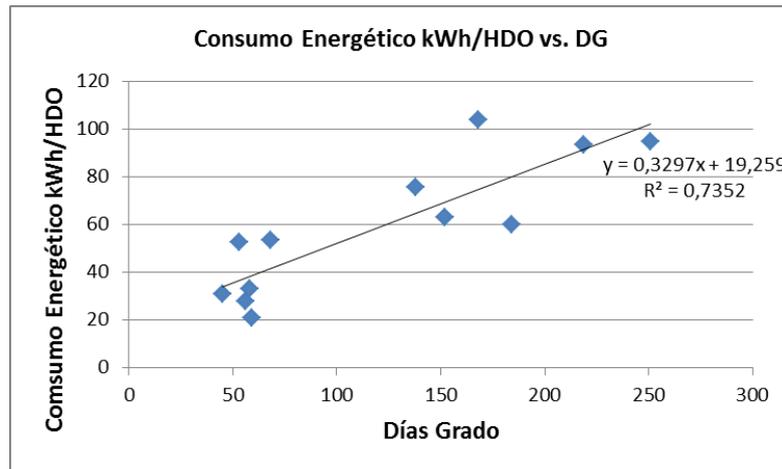


Figura 6. Energía Total Consumida en kWh/ Habitación Día Ocupada (HDO) vs Grados Día (GD) - CASO A

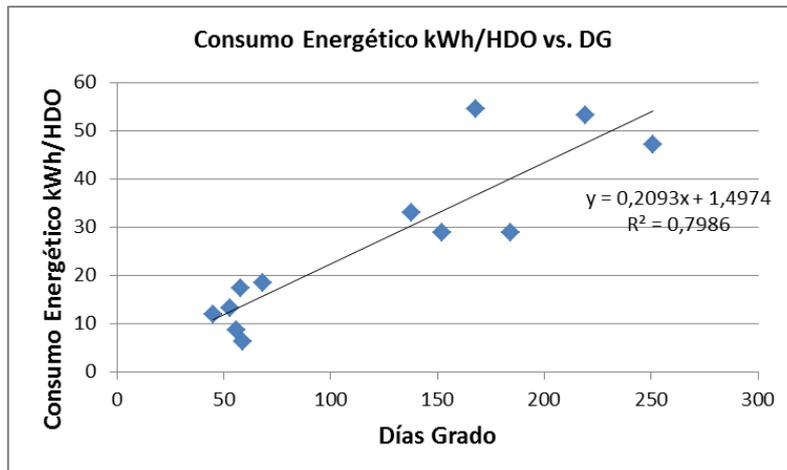


Figura 7. Energía Total Consumida en kWh/ Habitación Día Ocupada (HDO) vs Grados Día (GD) - CASO B

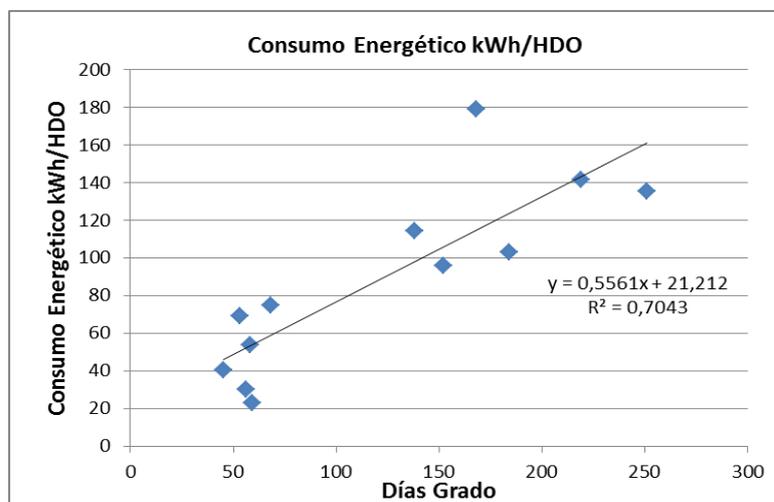


Figura 8. Energía Total Consumida en kWh/ Habitación Día Ocupada (HDO) vs Grados Día (GD) - CASO C



5 - CONCLUSION

Se concluye que algunos indicadores utilizados en la actualidad nos son capaces de evaluar la eficiencia energética en los hoteles y presentan dificultad a la hora de usarse como instrumentos de control, ya que las variables involucradas presentan una baja correlación con los datos de consumo como por ejemplo con Energía Total Consumida en kWh vs. Habitación Día Ocupada (HDO) y por año; Energía Total Consumida en kWh vs. Grados Día (GD); Energía Total Consumida en kWh vs. Temperatura ambiente (T_a) y por año; Energía Total Consumida en kWh/m² Construido vs. Grados Día y por año mostrados en las figuras 2, 3, 4 y 5 y otros como por ejemplo kWh/m² vs Temp. Ambiente ; kWh/HDO vs HDO; kWh vs Inversa de la temperatura, que quizás puedan ser utilizados para tener otro tipo de análisis pero no como línea de base energética. El que sí resulto con mayor correlación en los tres caso estudiados fue el indicador Energía Total Consumida en kWh/ Habitación Día Ocupada (HDO) vs Grados Día GD , figuras 6, 7, y 8 para el CASO A, B, C respectivamente.

Si bien este es un buen indicador en el sector hotelero para poder analizar y llegar a conclusiones sobre los resultados de la gestión energética, es necesario realizar una profunda evaluación y análisis de los sistemas utilizados, las diferentes áreas o sectores del hotel , las características particulares , la climatología y fundamentalmente la forma de utilización del hotel. Es complejo abarcar todo estos factores en un único indicador , por lo tanto con una auditoria energética profunda se podrá encontrar cuales son los mejores formas para determinar ese indicador o tener varios indicadores y más de una línea de base para el SGE.

Se espera poder hacer en un próximo trabajo con información más detallada trabajar ya no solo con indicadores totales sino también con indicadores parciales y por sector, según las características del hotel. Además se puede mencionar que se espera contar a la brevedad con la norma ISO 52000 un nuevo estándar para la certificación de la gestión energética de edificios que está en estudio y que permitirá trabajar más específicamente en el tema.

6. REFERENCIAS

- [1] Norma ISO 50001:2011; "Sistemas de gestión de la energía — Requisitos con orientación para su uso".
- [2] Agencia Provincial de la Energía de Alicante "Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Establecimientos Hoteleros de la Provincia de Alicante" (2013) SELFENERGY ESPAÑA (Larvick Reliable S.L.).
- [3] Castrillón Mendoza Rosaura, Monteagudo Yanes José, Borroto Nordelo Anibal. (2015). "Línea de Base Energética en la implementación de la norma ISO 50001. Estudios de casos". El Hombre y la Máquina No. 46. Pág. 137-143. Cali, Colombia.
- [4] Ente Regional de la Energía de Castilla y León-EREN (1999). Plan de asistencia energético sector hotelero. Junta de Castilla y León, España. 1º Edición 1998. Grama Artes Gráficas SA. España.
- [5] <http://hotelenergysolutions.net/content/hotel-energy-solutions-publications-overview#Anchor4>
- [6] SIMÓN AGUSTÍN LARRA ÍNVIAL (2007) Plicación metodológica para la determinación del desempeño energético en hoteles. Memoria para optar al título de ingeniero civil. Santiago de Chile.
- [7] Hotel Energy Solutions (2011), Best Practices Guide: Successful Energy Efficiency Technologies Integration in SME Hotels, Hotel Energy Solutions project publications First edition: 2010 Revised version, July 2011.



- [8] Benchotemark Madrid. Herramienta de Gestión Energética en Hoteles (2009). Informe Final de Proyecto.
- [9] http://www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=3&id_tema_2=13&id_tema_3=56
- [10] <http://meteo.frd.utn.edu.ar>
- [11] Colectivo de Autores, Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, CEEMA (2005). Gestión y Economía Energética, Editorial Universo Sur, Cienfuegos, Cuba.



UTN  bhi



VI Seminario Nacional de Energía y su Uso Eficiente

Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional
Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado. Universidad Tecnológica Nacional

INFORMÁTICA APLICADA AL GERENCIAMIENTO DE CONSUMOS Y AHORROS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN MiPyMEs: ENMA TOOL

*Nahuel, Leopoldo¹; Maccarone, José²; Marchesini, Javier¹; Andres, Gastón¹;
María García, Rodrigo¹; Ciceri, Javier¹; Rende, Augusto¹; Muzzi, Gonzalo¹*

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata.
Calle 60 s/n° esq. 124. CP 1900. La Plata, Buenos Aires, Argentina.
{lnahuel, jmacarone}@frlp.utn.edu.ar

¹ Grupo de I&D Aplicado a Sistemas Informáticos - GIDAS, Dpto. de Sistemas.

² Grupo de Investigación en Energías Sustentables y Eficiencia Energética - GIESEE, Dpto. de Electrotecnia.

RESUMEN

La gestión energética es un tema primordial para el desarrollo estratégico de MiPyMES (Micro, Pequeñas y Medianas Empresas), considerando que un uso racional y responsable de la energía implica un ahorro de costos y permite un desarrollo sostenible de estas organizaciones. Recurriendo a las Tecnologías de la Información y Comunicación es posible ofrecer mecanismos para vislumbrar el estado de la eficiencia energética, y debido a su importancia, este trabajo intenta difundir los avances sobre aplicación de nuevas tecnologías informáticas: el producto más visible es llamado EnMa (Energy Management). Esta herramienta de software surge como parte de las actividades de I&D del PID UTN "Desarrollo de instrumentos de relevamiento energético y de algoritmos necesarios para un software de gestión de organizaciones" (homologado por SCTyP del Rectorado UTN).

EnMa es una herramienta de software diseñada para dar soporte a la normativa ISO 50001 en etapas concretas de los procesos considerados en la misma, de modo que su objetivo principal será brindar información relevante generada a partir de datos sobre el consumo energético propio de la organización. EnMa funciona básicamente computando los datos de consumo eléctrico, y en base a estos, la herramienta procesa cálculos internos ejecutando ciertas restricciones y proporciona informes que asistirán al personal idóneo a tomar decisiones, como ser un gestor de eficiencia energética.

Se procura como objetivo primordial exponer el alcance y los avances de la herramienta de software, considerando como avance más significativo, su desarrollo sobre tecnologías basadas en la nube. Se describirán las tecnologías utilizadas en esta nueva plataforma y la potencialidad de desarrollar bajo éste paradigma. Como trabajo futuro, se espera aunar esfuerzos para iniciar tareas necesarias para incluir en el alcance de ésta herramienta el cómputo de datos de consumo de otros recursos energéticos no renovable y facturables como: agua potable y gas natural.

Palabras clave: ISO 50001, Herramienta de Software, MiPyMEs, Ahorro y Eficiencia Energética.

1. Introducción

La situación energética en el mundo ha cambiado mucho en el último siglo. En los últimos 20 años se ha duplicado la energía consumida, debido a la evolución de los países en desarrollo. Los estudios realizados indican que esta necesidad de energía eléctrica continuará aumentando a un ritmo similar [1].



La energía se ha transformado en un indicador clave dentro de las organizaciones, y para lograr un uso eficiente, la Organización Internacional de Normalización (ISO) ha desarrollado una normativa denominada ISO 50001, en la cual se establecen los requisitos para la implementación de un SGE (Sistema de Gerenciamiento Energético). Esta normativa puede adaptarse a todo tipo de industria, empresas y organizaciones, planteando como principal objetivo la mejora continua en el desempeño energético de las organizaciones.

Actualmente, el problema energético desde la perspectiva industrial trae consigo dos problemas serios: por un lado se frena el desarrollo industrial (o al menos no crece acorde a su capacidad) y por otro lado, el pago de multas por el uso ineficiente de la energía eléctrica que supone elevados costos que pueden evitarse manteniendo una gestión responsable de este recurso. Desde una perspectiva ambiental, los problemas del consumo, la falta de control y la ineficiencia impacta negativamente de manera significativa en el medio, introduciendo contaminantes a un medio natural originados en etapas de generación de energía eléctrica. Dependiendo de la fuente de donde provenga la energía, la contaminación será más o menos grave, pero con excepción de algunas pocas casi toda la generación de energía eléctrica tiene un impacto ambiental desfavorable, dado que provoca una huella cada vez mayor en el medioambiente, afectando la calidad de vida de todos los ciudadanos [2].

La generación de energía eléctrica más contaminante es la que proviene de la quema de combustibles fósiles. Actualmente en el mundo, cerca de un 60% de la energía eléctrica proviene de plantas que usan carbón, gas natural y petróleo. En nuestro país, alrededor de un 65% de la energía generada proviene de centrales térmicas. De esto se desprende que aún somos dependientes del método de generación de energía eléctrica más contaminante, y por ende, un consumo responsable y eficiente es particularmente importante [3]. Estos aspectos son los que motivan inicialmente un enfoque de la herramienta EnMa Tool a gestionar cuestiones relacionadas al consumo de energía eléctrica y aportar con mecanismos que atribuyan a la eficiencia energética.

2. EnMa Tool: una propuesta tecnológica de soporte a la certificación ISO 50001

La Organización Internacional de Normalización (ISO), escribió en 2011, una norma para el gerenciamiento energético y la concientización del uso eficiente de la energía. Esta norma lleva el nombre de ISO 50001 Energy Management Systems y ha sido aceptada y aplicada en diversos sectores en varios países con buenos resultados. Esta propuesta de la ISO, destaca por no fijar ningún objetivo para lograr la eficiencia energética, sino que estos dependerán de la actividad de la organización, de manera que cualquier organización, independientemente de su actividad, puede aplicar la norma ISO 50001 para establecer una línea de base y luego mejorarla a un ritmo adecuado a su contexto y capacidades. El objetivo general de esta normativa es brindar a las organizaciones los procedimientos para que puedan obtener los sistemas y procesos adecuados para reducir el consumo energético así como para hacer un uso eficiente y mejorar el rendimiento de la energía utilizada.

Si bien la norma establece procedimientos sobre los tres niveles a nivel general de una organización (táctico, operacional y estratégico), hace hincapié sobre el más alto, es decir sobre la alta gerencia o nivel estratégico. De alguna manera esto da lugar a comprender que buenas decisiones son claves para mejorar la eficiencia de los recursos, y para lograr buenas estrategias de alto nivel, la alta gerencia debe contar con información de calidad. Es en este punto que EnMa se hace relevante. La aplicación propuesta está diseñada para dar soporte a la normativa ISO 50001 en etapas concretas de los procesos que propone, de modo que su objetivo principal será brindar información relevante generada a partir de datos sobre el consumo energético de la organización. Esta información servirá con entrada para la toma de decisiones a nivel estratégico y operativo [4,5].

2.1 Organización y forma de trabajo de la norma ISO 50001

La norma de sistemas de gestión de energía trabaja sobre un proceso PDCA (Plan, Do, Check, Act = planificar, hacer, verificar, actuar), a la vez que propone un ciclo de mejoramiento continuo en el cual se establece una realimentación constante en base a los datos relevados de la verificación (Figura 1).

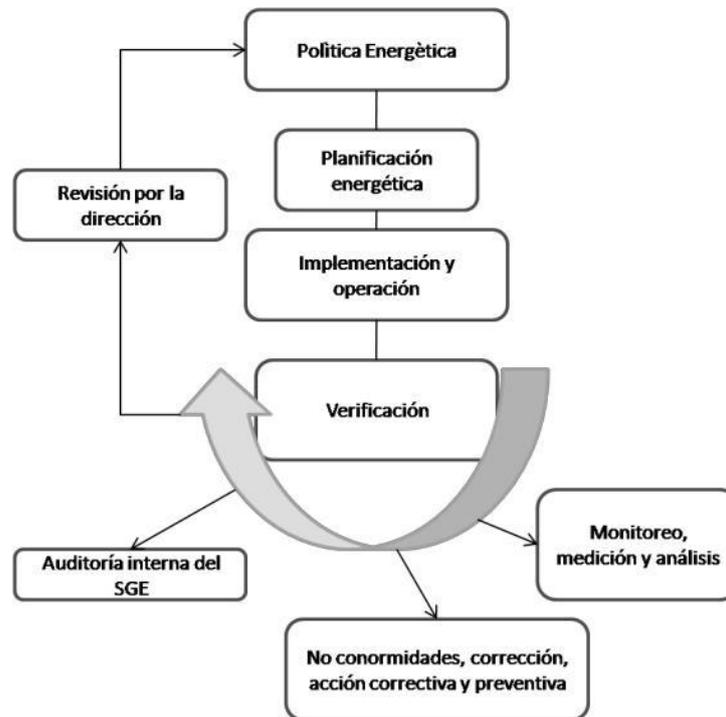


Figura 1: Modelo del sistema de gestión energético propuesto por la ISO 50001

Los pasos del proceso PDCA para el sistema de gestión energético de la ISO 50001 pueden describirse como sigue:

- **Planificar:** realizar la revisión y establecer la línea base de la energía, indicadores de rendimiento energético, objetivos, metas y planes de acción necesarios para conseguir resultados de acuerdo con las oportunidades para mejorar la eficiencia energética y la política de energía de la organización.
- **Hacer:** poner en práctica los planes de acción de la gestión de la energía.
- **Verificar:** monitorear y medir los procesos y las características claves de sus operaciones que determinan el rendimiento de la energía con respecto a la política energética y los objetivos e informar los resultados.
- **Actuar:** tomar acciones para mejorar continuamente la eficiencia energética y el sistema de gestión energética.

2.2. EnMa Tool en el marco de los Sistemas de Gestión Energética

La norma ISO 50001 no aplica sobre un tipo de energía específico. Esta propiedad la hace versátil y permite que sea aplicada sobre cualquier tipo de energía. Como se sugirió oportunamente, la herramienta software propuesta en este trabajo, funcionará como apoyo a algunos procesos para la implementación de un sistema integral que cumpla con la norma. Igualmente, EnMa podría ser utilizado en una organización que no tenga planes de certificar o que no piense llevar adelante un proceso de gestión según la norma, sin ningún problema y del mismo modo, poder hacer uso de la herramienta para tomar decisiones estratégicas sobre el uso de la energía.

EnMa funciona básicamente computando los datos de consumo eléctrico. A medida que se vayan cargando se irán almacenando en una base de datos y estarán disponibles cada vez que se los requiera. En base a estos datos, la herramienta proporcionará informes que asistirán al personal idóneo a tomar decisiones relevantes para la gestión energética. En sintonía con los requerimientos de la ISO 50001, EnMa podría dar soporte total o parcial en las siguientes



actividades detalladas en la norma (se sigue la misma numeración de la norma para una rápida referencia al documento oficial):

4. Requisitos del sistema de gestión de la energía

4.1 Requisitos generales

4.3 Política energética

4.4 Planificación energética

4.4.3 Revisión de la energía

4.4.4 Línea de base de la energía

4.4.5 Indicadores de eficiencia energética

4.4.6 Objetivos de la energía, metas energéticas y planes de acción de gestión de la energía

4.5 Aplicación y funcionamiento

4.5.4 Documentación

4.5.5 Control operacional

4.5.6 Diseño

4.5.7 Contratación de servicios energéticos, productos, equipos y energía

4.6 Verificación

4.6.1 Monitoreo, medición y análisis

4.6.3 Auditoría interna del SGen

3. Desarrollo experimental

En cuanto a los aspectos técnicos, podemos mencionar cuestiones de diseño, de implementación y el paradigma o plataforma de sustento. Como concepto general, se eligieron todas tecnologías Open Source (de código abierto, es decir, no propietarias y gratuitas, lo que no acarrea el pago de licencias software), gran potencial y amplio soporte de la comunidad mundial de desarrolladores.

Todo el desarrollo opera bajo el paradigma Cloud Computing (computación en la nube), es decir como un servicio que se brinda a través de servidores en Internet, lo cual permite a EnMa atender peticiones en cualquier momento y desde cualquier dispositivo (móvil o fijo) ubicado en cualquier lugar, mientras que tenga acceso a Internet y un navegador web.

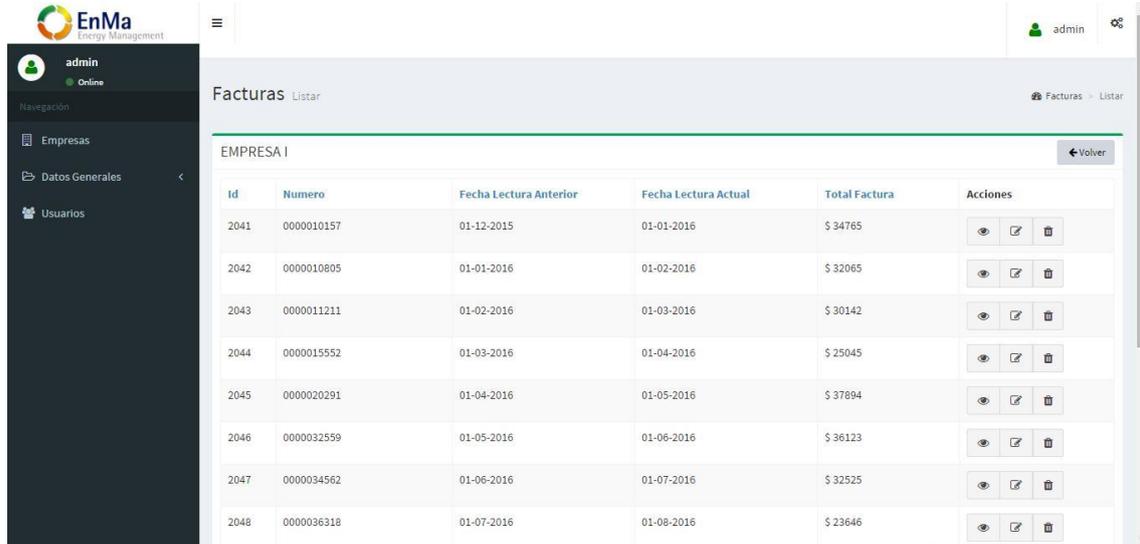
Esto genera muchos beneficios tanto para el usuario que puede acceder al servicio de manera ubicua, como para la provisión del servicio, flexible y adaptable, que permite una mejor respuesta ante picos de uso del servicio.

Para el desarrollo y la implementación de EnMa Tool se eligieron las siguientes Tecnologías:

- Backend: CakePHP v2.7 (framework basado en MVC), MySQL (motor de base de datos).
- Frontend: HTML5, CSS3 (estilos), JavaScript, JQuery, Bootstrap

Como producto de una segunda iteración de éste proyecto se consiguió una aplicación con funcionalidades acotadas al estudio de la eficiencia en Energía Eléctrica. Este primer prototipo cuenta con las funciones principales más relevantes para una primera validación de la interfaz de usuario y manejo basado en la nube, como así también la salida y presentación de algunos reportes básicos.

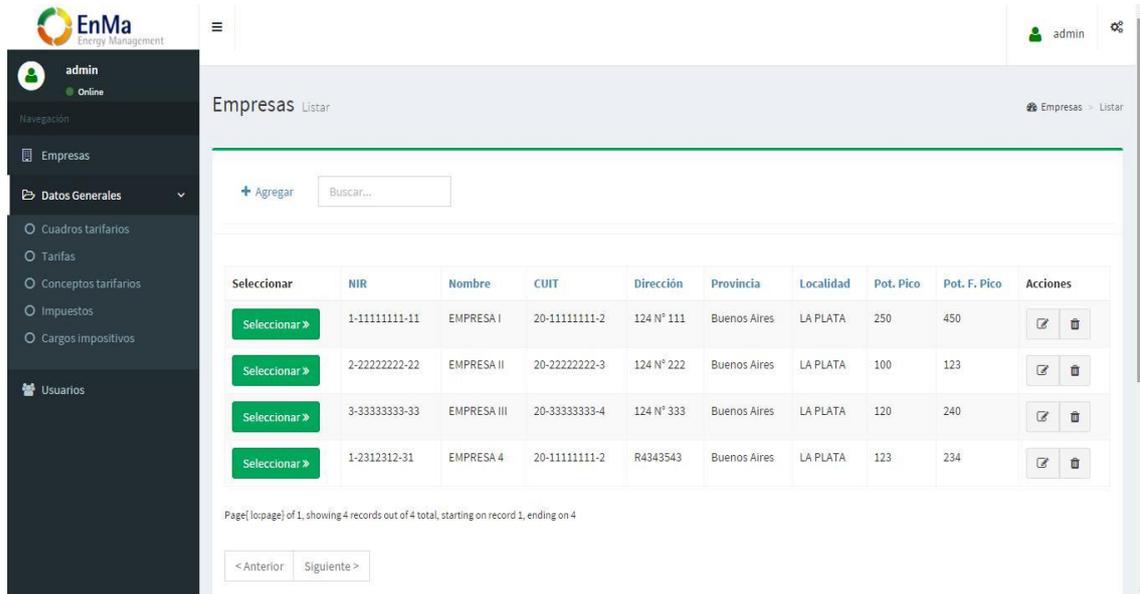
En la Figura 2 se observa la pantalla principal de facturas cargadas que tendrá cada usuario:



Id	Numero	Fecha Lectura Anterior	Fecha Lectura Actual	Total Factura	Acciones
2041	0000010157	01-12-2015	01-01-2016	\$ 34765	[Ver] [Editar] [Eliminar]
2042	0000010805	01-01-2016	01-02-2016	\$ 32065	[Ver] [Editar] [Eliminar]
2043	0000011211	01-02-2016	01-03-2016	\$ 30142	[Ver] [Editar] [Eliminar]
2044	0000015552	01-03-2016	01-04-2016	\$ 25045	[Ver] [Editar] [Eliminar]
2045	0000020291	01-04-2016	01-05-2016	\$ 37894	[Ver] [Editar] [Eliminar]
2046	0000032559	01-05-2016	01-06-2016	\$ 36123	[Ver] [Editar] [Eliminar]
2047	0000034562	01-06-2016	01-07-2016	\$ 32525	[Ver] [Editar] [Eliminar]
2048	0000036318	01-07-2016	01-08-2016	\$ 23646	[Ver] [Editar] [Eliminar]

Figura 2: Pantalla de facturas cargadas

El uso básico implica cargar los datos que identifican a la empresa u organización sobre la cual se va a trabajar (nombre, dirección, rubro, etc.). Esto se puede ver en la Figura 3, donde se podrá ver la vista de empresas cargadas en el sistema:



Seleccionar	NIR	Nombre	CUIT	Dirección	Provincia	Localidad	Pot. Pico	Pot. F. Pico	Acciones
Seleccionar >	1-11111111-11	EMPRESA I	20-11111111-2	124 N° 111	Buenos Aires	LA PLATA	250	450	[Editar] [Eliminar]
Seleccionar >	2-22222222-22	EMPRESA II	20-22222222-3	124 N° 222	Buenos Aires	LA PLATA	100	123	[Editar] [Eliminar]
Seleccionar >	3-33333333-33	EMPRESA III	20-33333333-4	124 N° 333	Buenos Aires	LA PLATA	120	240	[Editar] [Eliminar]
Seleccionar >	1-2312312-31	EMPRESA 4	20-11111111-2	R4343543	Buenos Aires	LA PLATA	123	234	[Editar] [Eliminar]

Page [lopage] of 1, showing 4 records out of 4 total, starting on record 1, ending on 4

< Anterior Siguiente >

Figura 3: Pantalla de empresas registradas

Para cada empresa a registrar, el usuario podrá cargar y ver todos los datos referentes a la misma en la vista de Detalle de Empresa:



Facturas Agregar

EMPRESA I

Fecha Lectura Anterior: dd/mm/aaaa

Fecha Lectura Actual: dd/mm/aaaa

Potencia Pico Contratada: 60

Potencia Fpico Contratada: 100

Período: ----- de ----

Numero: -----

Consumos

Descripción	Estado Anterior	Estado Actual	Consumo	Constante	Precio	Monto	Precio Sub.	Monto Sub.
Capacidad contratada - Hora Pico	123	0	0	0	15.910	0	15.920	0
Capacidad contratada - Hora fuera de pico	120	0	0	0	11.170	0	11.170	0
Consumo Energía Activa - Pico	80	0	0	0	0.376	0	0.096	0
Consumo Energía Activa - Resto	156	0	0	0	0.365	0	0.083	0
Consumo Energía Activa - Valle	122	0	0	0	0.352	0	0.073	0

Figura 4: Pantalla de detalle de empresa

El sistema EnMa Tool incluye un módulo de gestión de cuadros tarifarios, en el cual se modelaron todos los datos y valores que influyen en los cálculos de la tarifa, que se realiza en base al cuadro tarifario vigente cargado. Cada organización puede de esta manera conocer los cálculos de su tarifa según el cuadro tarifario vigente que le corresponde, según la empresa proveedora que contrató. Esto permite además poder alertar al usuario en tiempo real, al momento de cargar una factura, si su consumo en el período superó la capacidad contratada y por ende tendrá una multa económica por un determinado período de tiempo, y hacer seguimiento de dicha multa.

En la carga de cada nueva factura, EnMa Tool recupera y pre carga el formulario con los datos de la factura del período anterior, a fines de facilitar la carga de datos, aliviando así al usuario en la tarea y reduciendo los tiempos de data entry.

Las cuestiones impositivas se pueden manejar dinámicamente gracias al paradigma elegido para el desarrollo, y es modificable por el usuario, para dar soporte a la carga de datos impositivos correspondientes al usuario y su tipo de contratación de servicio (ver Figura 5). Además de los impuestos fijos (que pueden ser configurados a nivel global en la aplicación) también se permite la carga de otros de carácter temporal o específicos de la situación fiscal de la empresa:

Res. ENRE 347/12 Mantenim 20%

0

Total

0

Recargo Reactiva

0

Subsidio

0

Res. SE 1866/05

0

Subtotal c/subsidio

0

Impuestos

Descripción	Porcentaje	Monto
Fdo Prov Santa Cruz	0.6%	
IVA	27%	
Contrib. Municipal	6.424%	
Contrib. Provincial	0.6424%	
Percep. IVA RG 2048/08	3%	

Subtotal c/ Impuestos

0.00

Figura 5: Pantalla de detalle impositivo

Como ya se mencionó, la posibilidad de procesar la información de entrada para obtener reportes a medida es la función principal de EnMa. Estos reportes serán la entrada de otros procesos contemplados en la norma ISO 50.001 y servirán como información relevante para la toma de decisiones en aspectos de eficiencia energética.

En este primer prototipo se realiza la carga de facturas de consumo energético, las cuales se almacenan y procesan en los servidores en la nube. El esquema de la base de datos es tal que permite el almacenamiento de toda la información de una factura de consumo energético a la vez que se mantienen los datos de otras facturas históricas, de manera de poder usar la potencia de un motor relacional para lograr obtener consultas tan complejas como sean necesarias según el reporte solicitado. En versiones posteriores se agregará la posibilidad de que el usuario pueda armar los reportes mediante la interacción con la interfaz web.

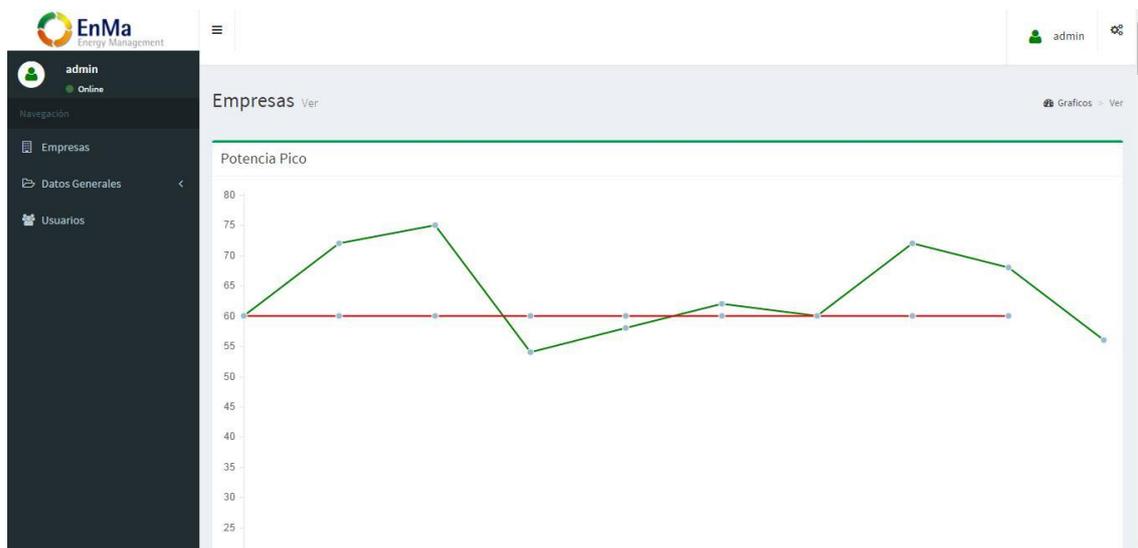


Figura 6: Pantalla de reporte cuantitativo sobre el consumo

4. Análisis de resultados

En cuanto al aspecto de ahorro energético, se pudo comprobar que la registración y monitoreo mediante la herramienta EnMa permitió detectar las ineficiencias energéticas en las que las organizaciones incurrieran, sobre todo en lo referente a la contratación errónea y la falta de seguimiento de la duración de las multas aplicadas.

Por otro lado, respecto a los aspectos de eficiencia energética de la red y reducción de la contaminación, se observó que estas cuestiones repercuten directamente en la toma de decisiones al momento de elegir la contratación de energía adecuada, evitando un desperdicio de energía no aprovechada, reduciendo los costos operativos y contribuyendo a la reducción de contaminación producida por la generación eléctrica, liberando infraestructura y potencia para el aprovechamiento de las mismas por otras organizaciones locales.

Por último, el uso de un paradigma basado en Cloud Computing permitió un mejor acceso y mayor adaptabilidad a nuevos requerimientos, permitiendo una mayor escalabilidad e independencia del dispositivo elegido para utilizar el servicio (sólo se necesita un navegador web actualizado). Estos cambios implican una enorme mejoría en comparación con el prototipo desarrollado inicialmente en la primera iteración de desarrollo de éste PID, basado en otras tecnologías. [6-8]

5. Conclusiones

La reducción del consumo de recursos energéticos puede cambiar el futuro del estado medioambiental, y esto se puede lograr rápidamente si cada organización analiza su propio desempeño energético, y redefine el uso de sus recursos.



Se constató la utilidad de la aplicación para la toma de decisiones sobre las contrataciones del suministro eléctrico y la concientización del consumo energético, y los beneficios del uso de tecnologías basadas en la nube en cuanto a acceso ubicuo y disponibilidad, entre otros.

La facilidad de uso y la posibilidad de visualización más intuitiva de la información presentan ventajas sustanciales sobre métodos de gestión no especializados (como el registro de consumos en planillas de cálculo o a mano). La herramienta se puede adaptar a múltiples tareas y procesos detallados en la norma ISO 50.001, pudiendo de esta manera servir como una ayuda a una futura certificación si la organización lo desea. También se destacan buenos resultados en el aporte de la Ingeniería en Sistemas sobre proyectos multidisciplinarios orientados a la gestión ambiental y optimización en el uso de recursos energéticos.

Los resultados positivos del trabajo llevado a cabo hasta el momento, sumado a la rica experiencia de sumergirnos en contenidos específicos de otras disciplinas, trabajando en un ambiente multidisciplinario para realizar trabajos que apuntan a la concientización del consumo energético y el impacto ambiental que este genera, nos permite afirmar de forma positiva lo sugerido en el principio del trabajo.

En esta primera etapa de desarrollo, EnMa provee funcionalidades limitadas a la gestión de energía eléctrica pero ha sido suficiente para verificar resultados y validar los métodos y el diseño empleado. En próximas iteraciones del proceso de desarrollo, se prevé que EnMa podrá incorporar datos de consumo de otras fuentes de energía como agua y gas.

REFERENCIAS

[1] Nota Técnica N° 22 “El Mercado Eléctrico Argentino”. Ministerio de Economía de la Nación.
http://www.mecon.gov.ar/peconomica/informe/notas_tecnicas/22%20NOTA%20TEC NICA%20Nivel%20de%20Actividad%20%20inf%2070.pdf

[2] Energía Eléctrica y medio ambiente, Endesa Educa:
http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/xxv.-la-energia-electrica-y-el-medio-ambiente#energia%20electronica

[3] Informes estadísticos del sector energético 2011. Secretaría de Energía, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios.
<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3728>

[4] ISO - International Organization for Standardization - www.iso.org

[5] ISO 50001 Energy Management Systems
<http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso50001.html>

[6] Leopoldo, Nahuel; Maccarone, José; Marchesini Javier; Matías De Paoli; Rognoni, Marcela; Andres, Gastón; María García, Rodrigo; Mendez, Lautaro. (2014). “Un Marco Tecnológico para desarrollo de herramientas software aplicado a Gestión Eficiente de Energía Eléctrica”. IV° SEMINARIO NACIONAL DE ENERGÍA Y SU USO EFICIENTE
UTN - Facultad Regional General Pacheco. Argentina.

[7] Leopoldo, Nahuel; Maccarone, José; Marchesini Javier; Matías De Paoli; Rognoni, Marcela; Andres, Gastón; María García, Rodrigo; Mendez, Lautaro. (2014). “Un Marco de Trabajo para la construcción de Tecnologías Aplicadas Autogerenciamiento Energético en apoyo al desarrollo competitivo de PyMEs”. Ingeniería 2014. Buenos Aires. Argentina.

[8] L. Nahuel, J. Maccarone, J. Marchesini, M. D Ambrosio, L. Cantallops. (2013). “Métodos y Tecnología Informática aplicada al desarrollo de Sistemas de Gerenciamiento Energético en apoyo a ISO 50001”. XV° Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación - WICC. ISBN 9789872817961. Paraná, Entre Ríos, Argentina

Área temática: Resultados de los grupos de investigación del Programa de Energía de la UTN



UTN  bhi



VI Seminario Nacional de Energía y su Uso Eficiente

Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional
Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado. Universidad Tecnológica Nacional

EFICIENCIA ENERGETICA MEDIANTE APLICACIÓN DE BALANCE ENERGÉTICO Y EXERGÉTICO EN CENTRALES TERMOELÉCTRICAS

*Fernández Jorge Félix^a, López Graciela René^a, García Enrique Aldo^a,
Fernández Diz Javier^a, Farina Matías^a, Convertini Andrés^a*

^aInstituto Regional de Estudios Sobre Energía, IRESE
Facultad Regional Mendoza,
Rodríguez 273 – CP 5500- Ciudad Mendoza, Argentina
jorgefelixfernandez@hotmail.com

Resumen. El país, tanto como la provincia de Mendoza, atraviesan una crisis energética estructural y la realización de acciones energéticas en el corto y mediano plazo requieren de estudios y diagnósticos energéticos. El IRESE propone llevar a cabo la realización de un balance energético y exergético de un caso piloto, el cual se hará sobre un Ciclo Termodinámico de Potencia de una Central Térmica convencional sobre unidades generadoras de energía eléctrica que funcionen bajo un Ciclo Rankine con sobrecalentamiento, extracciones múltiples y economizador. Se realizarán simulaciones a diferentes estados de cargas de la unidad generadora a fin de analizar diferentes comportamientos energéticos y exergéticos en sus componentes. Se pretende detectar oportunidades de mejora en el uso y aprovechamiento de los combustibles empleados, optimizar el proceso de combustión, identificar oportunidades de ahorro de los energéticos utilizados, establecer mejores prácticas y que los resultados obtenidos puedan ser exportables a otras empresas generadoras de energía termoeléctrica de nuestro medio y del país. El Balance Energético y Exergético resultará una herramienta de gran importancia para poder establecer el uso eficiente de la energía en centrales termoeléctricas y con ello conocer las oportunidades de ahorro de energía térmica primaria.

Palabras Clave: Eficiencia Energética Balance Energético Exergético Centrales Termoeléctricas

Introducción

El balance energético convencional realizado sobre una máquina térmica no brinda información suficiente sobre las pérdidas de energía internas, debido a que no diferencia entre los distintos grados de calidad de la misma. El balance energético convencional no constituye la herramienta adecuada para detectar el mejor aprovechamiento de la energía térmica primaria para transformarla eficientemente en trabajo mecánico, en virtud de que se basa en el Primer Principio de la Termodinámica el cual trata a los diferentes tipos de energía como equivalentes, sin considerar la calidad de las mismas.

El Balance Exergético, en cambio, tiene presente el concepto aportado por el Segundo Principio de la Termodinámica proporcionando una medida cuantitativa de la calidad de la energía. La energía térmica, o también llamada energía calórica, aportada por la fuente caliente es energía de segunda calidad, ya que toda energía aportada a una máquina térmica no se convierte totalmente en trabajo mecánico, quedando una importante parte de ella como pérdida hacia la fuente fría.

En consecuencia el Segundo Principio de la Termodinámica demuestra que mientras mayor sea la temperatura a la que se aporte la energía calórica a la máquina térmica mayor será la conversión de ésta en trabajo mecánico, con lo cual mayor será la eficiencia para convertir energía calórica a trabajo mecánico.

El análisis exergético es una herramienta de gran valor en los sistemas de transformación de energía calórica, proporcionando información de hasta que límite es posible reducir las pérdidas.

Objetivos del Proyecto

El proyecto pretende estudiar el comportamiento operativo de un Ciclo Rankine con el fin de detectar diferentes oportunidades de ahorro de energéticos, tales como:

- Oportunidades de mejora en el uso de combustibles líquidos (fuel-oil) y gaseosos (gas natural)
- Oportunidades de optimización del proceso de combustión en generadores de vapor que trabajen a presiones manométricas subcríticas.
- Oportunidades de ahorro de los combustibles usados.
- Establecer procedimientos que aseguren las mejores prácticas operativas.
- Propender a que los resultados obtenidos puedan ser exportables a empresas generadoras de energía térmica de nuestro medio y del país.

Transferencia de los Resultados

- Transferir los resultados a alumnos de grado de las carreras de ingenierías de la UTN y de otras Universidades del País.
- Aportar la experiencia y los resultados a alumnos de posgrado.
- Brindar los resultados y conclusiones a los proyectos que se llevan a cabo dentro del "Programa de Energía de UTN"
- Transferir a egresados, profesionales y a público en general el producto de la investigación.
- Transferir los resultados y conclusiones del proyecto a técnicos y profesionales de Centrales Térmicas
- Fortalecer la formación de recursos humanos relacionados con la preservación de la energía y el medio ambiente
- Aportar a la integración y asociatividad entre grupos de investigación y desarrollo relacionados con la presente temática
- Difundir las conclusiones en congresos y seminarios.

Metodología

A fin de investigar el comportamiento de un Ciclo Rankine, se empleará la siguiente metodología:

- Establecer un Ciclo Rankine genérico representativo de casos reales.
- Para el estudio se considera un Ciclo Rankine con: generador de vapor subcrítico, de circulación natural, con sobrecalentamiento; 4 extracciones, desgasificador y economizador.
- Configurar un diagrama unifilar completo del Sistema (Ciclo Rankine)
- Dividir al Sistema en los componentes que conforman el Ciclo en estudio.
- Definir el ambiente de referencia del Sistema.
- Identificar puntos de medición para relevar sus parámetros termodinámicos de entrada y salida de los componentes más importantes del Ciclo, tales como: economizador; caldera, condensador, calentadores de baja presión y de alta presión, desgasificador de CO_2 y O_2 ; bomba de extracción de condensado, bomba de agua de alimentación a caldera.
- Relevar parámetros termodinámicos en los equipos indicados: temperatura, presión, caudal másico de agua y vapor sobrecalentado.
- Establecer las ecuaciones a utilizar para el cálculo de parámetros termodinámicos: entalpía, entropía, exergía.
- Calcular los siguientes parámetros: volumen específico del líquido, volumen específico del vapor saturado seco, calor sensible, calor latente de vaporización, entalpía del líquido saturado, entalpía del vapor saturado seco, entalpía vapor sobrecalentado, entropía.
- Determinar el rendimiento energético de cada equipo.
- Determinar el rendimiento energético del Ciclo Rankine completo.
- Determinar el rendimiento exergético de cada equipo.
- Calcular el rendimiento exergético del Ciclo Rankine completo.

Ambiente de Referencia del Sistema

Para el desarrollo y cálculo del balance energético y exergético se fijan los siguientes parámetros ambientales de referencia:

- Presión atmosférica = $p_0 = 1,013 \text{ bar} \sim (1 \text{ kg/cm}^2)$
- Temperatura ambiente = $T_0 = 298 \text{ K} \sim (25 \text{ }^\circ\text{C})$
- Entalpía = $h_0 = 0 \text{ (kJ/kg)}$
- Entropía = $S_0 = 0 \text{ (kJ/kg. K)}$

Fluido de Referencia

Los fluidos de referencia que intervienen en el funcionamiento operativo del Ciclo y que serán los considerados en el desarrollo del presente proyecto son:

- a) Agua de caldera (agua ingresada a la caldera que cambiará de estado pasando a vapor sobrecalentado.
- b) Vapor de agua sobrecalentado que sale de la caldera e ingresa a la turbina como fluido motor.
- c) Vapor saturado que sale de turbina e ingresa al condensador para ser condensado en el mismo.

Consideraciones Adoptadas para los Cálculos

A los efectos de realizar los cálculos de los estados termodinámicos del Ciclo Rankine y de sus partes componentes, se fijan las siguientes consideraciones de operación:

- a) El Ciclo Rankine funciona a régimen estacionario, o también llamado régimen estable.
- b) Las transformaciones de compresión en las bombas de extracción de condensado y en las bombas de agua de alimentación a caldera las consideramos adiabáticas.
- c) La transformación de expansión del vapor sobrecalentado en turbina consideramos adiabática.
- d) Las variaciones de energía cinética en los distintos puntos del Ciclo igualmente las consideraremos despreciables.
- e) Las variaciones de energía potencial en los distintos puntos del Ciclo también serán consideradas despreciables.
- f) Los efectos de rozamiento entre vapor sobrecalentado y los álabes de la turbina los consideramos despreciables.

La Fig 1 muestra la unidad generadora turbo vapor compuesta por turbina con álabes de acción y reacción, de presión subcrítica y temperatura de vapor sobrecalentado y generador eléctrico de 60 MW perteneciente a la empresa Centrales Puerto S.A. (Ex Centrales Térmicas Mendoza S.A).



Fig.1. Turbina a vapor de acción y reacción y generador eléctrico 60 MW

Esquema Unifilar del Ciclo Rankine en Estudio

La Fig. 2 representa el diagrama unifilar del Ciclo Rankine en estudio, donde se observa el generador de vapor subcrítico, la turbina de acción y reacción con cuatro extracciones de vapor, condensador, bomba extracción de condensado, calentador de condensado de baja presión 1 (CBP1); desgasificador, bomba agua de alimentación, calentador de alta presión 1 (CAP1), calentador de alta presión 2 (CAP2) y economizador.

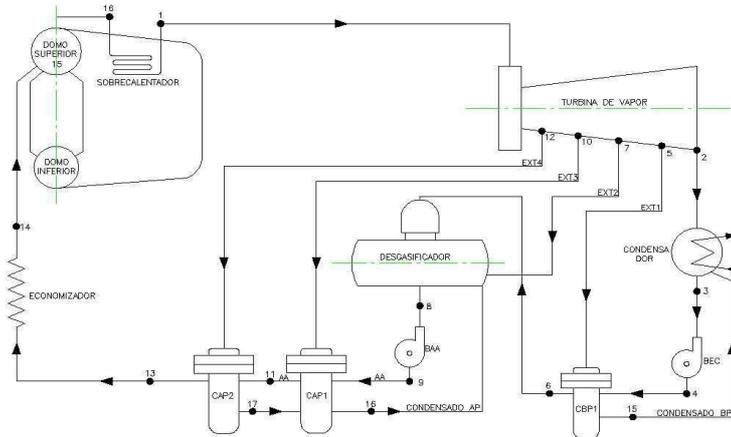


Fig. 2. Diagrama unifilar del Ciclo Rankine de unidad generadora turbo vapor

La Fig. 3 indica la parte superior del rotor de la turbina a vapor el cual se encuentra apoyado en sus extremos por cojinetes de deslizamiento, y la parte de la carcasa estática inferior.



Fig. 3 Rotor de la turbina a vapor con álabes de acción y reacción

Diagrama Termodinámico

La Fig. 4 indica el diagrama termodinámico presión vs volumen específico “p-v” y el diagrama temperatura – entropía “T-S”. En el mismo se observan las diferentes presiones de extracción de vapor sobre calentado realizados a la turbo máquina. El final de la expansión del vapor en la turbina se realiza a presión negativa (30 mm Hg por debajo del vacío absoluto de Mendoza). El vapor a la salida de la turbina es vapor húmedo con una calidad (título) de $X = 96\%$.

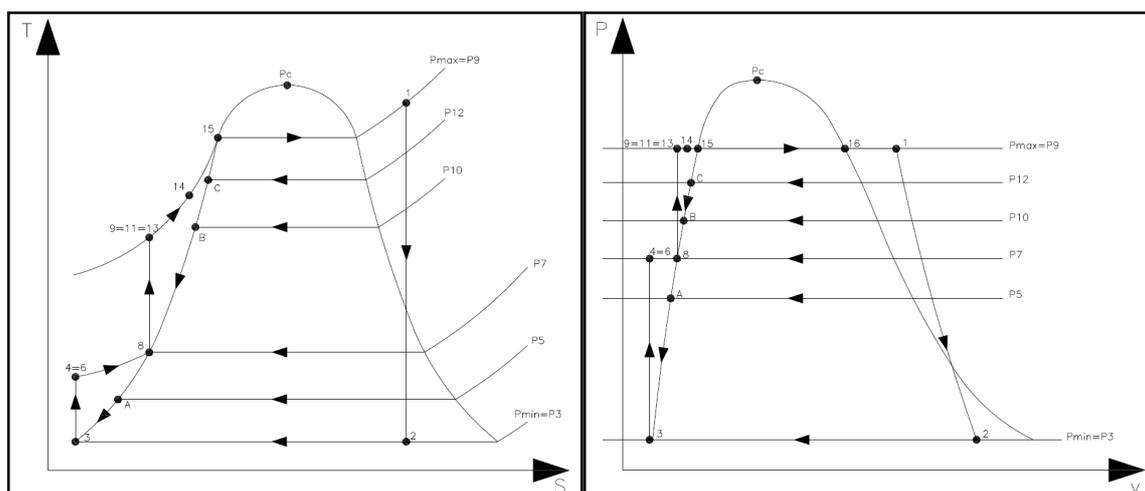


Fig. 4 Diagrama termodinámico “p-v” y “T-S”

Ecuaciones a Utilizar para Calcular la Exergía

Exergía del estado 1: $b_1 = (h_1 - h_0) - T_0 (S_1 - S_0)$

Exergía del estado 2: $b_2 = (h_2 - h_0) - T_0 (S_2 - S_0)$

Exergía del estado 3: $b_3 = (h_3 - h_0) - T_0 (S_3 - S_0)$

Exergía del estado 4: $b_4 = (h_4 - h_0) - T_0 (S_4 - S_0)$

Exergía del estado 5: $b_5 = (h_5 - h_0) - T_0 (S_5 - S_0)$

Exergía del estado 6: $b_6 = (h_6 - h_0) - T_0 (S_6 - S_0)$

De igual manera se completa el cálculo de la exergía para el resto de los parámetros termodinámicos.

Estudio Energético Exergético del Generador de Vapor

Los valores de los estados termodinámicos han sido calculados y además verificados mediante el programa de la compañía Chemical Logic Steam Tab Corporation.

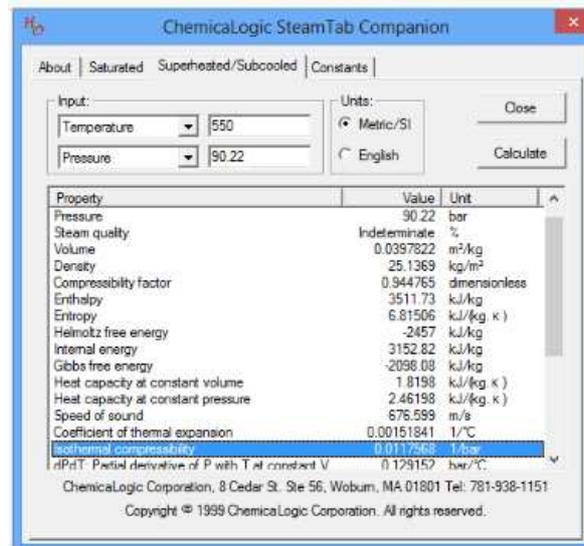
ESTADO 1: vapor sobrecalentado salida del sobrecalentador hacia turbina a vapor

Datos medidos

$p_1 = 92 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 90,22 \text{ (bar)} = 9,02 \text{ (MPa)}$

$t_1 = 550 \text{ }^\circ\text{C}$

$m_1 = 240 \text{ (ton/h)}$



Property	Value	Unit
Pressure	90.22	bar
Steam quality	Indefinite	%
Volume	0.0397822	m ³ /kg
Density	25.1369	kg/m ³
Compressibility factor	0.944765	dimensionless
Enthalpy	3511.73	kJ/kg
Entropy	6.81506	kJ/(kg.K)
Helmoltz free energy	-2457	kJ/kg
Internal energy	3152.82	kJ/kg
Gibbs free energy	-2098.08	kJ/kg
Heat capacity at constant volume	1.8198	kJ/(kg.K)
Heat capacity at constant pressure	2.46198	kJ/(kg.K)
Speed of sound	676.599	m/s
Coefficient of thermal expansion	0.00151841	1/°C
Isobaric compressibility	0.0117568	1/bar
dP/dT Partial derivative of P with T at constant V	0.129152	bar/°C

Fig. 5. Parámetros termodinámicos para el estado 1 (vapor salida del sobrecalentador)

De la tabla obtenemos los siguientes parámetros termodinámicos:

$h_1 = 3511,73 \text{ (kJ/kg)}$

$S_1 = 6,82 \text{ (kJ/kg.K)}$

Por cálculo obtenemos la entalpía del estado 1:

$b_1 = (h_1 - h_0) - T_0 (S_1 - S_0) = 1.478,35 \text{ (kJ/kg)}$

ESTADO 13: condensado ingreso al economizador

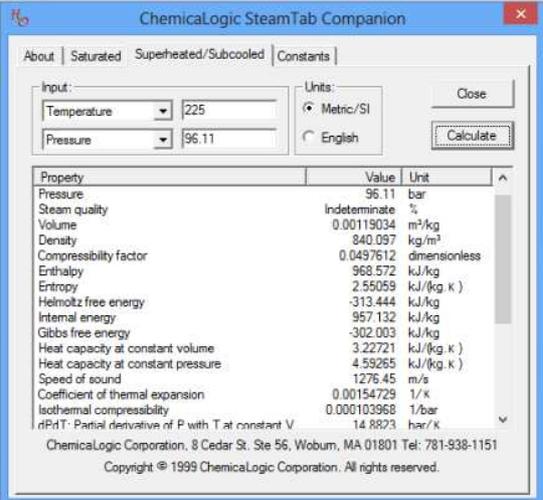
Datos medidos

$p_{13} = 98 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 96,11 \text{ (bar)} = 9,61 \text{ (MPa)}$

$t_{13} = 225 \text{ }^\circ\text{C}$

$m_{13} = 240 \text{ (ton/h)}$

Datos calculados a partir del software Steam Tab de Chemical Logic Corporation.



Property	Value	Unit
Pressure	96.11	bar
Steam quality	Indeterminate	%
Volume	0.00119034	m ³ /kg
Density	840.097	kg/m ³
Compressibility factor	0.0497612	dimensionless
Enthalpy	968.572	kJ/kg
Entropy	2.55059	kJ/(kg.K)
Helmholtz free energy	-313.444	kJ/kg
Internal energy	957.132	kJ/kg
Gibbs free energy	-302.003	kJ/kg
Heat capacity at constant volume	3.22721	kJ/(kg.K)
Heat capacity at constant pressure	4.59265	kJ/(kg.K)
Speed of sound	1276.45	m/s
Coefficient of thermal expansion	0.00154729	1/K
Isothermal compressibility	0.000103968	1/bar
nP/nT: Partial derivative of P with T at constant V	14.8823	bar/K

Fig. 6. Parámetros termodinámicos para el estado 13 (condensado ingreso economizador)

De la tabla obtenemos los siguientes parámetros termodinámicos

$$h_{13} = 968,57 \text{ (kJ/kg)}$$

$$S_{13} = 2,55 \text{ (kJ/kg.K)}$$

Por cálculo obtenemos la entalpia del estado 13:

$$b_{13} = (h_{13} - h_0) - T_0 (S_{13} - S_0) = 208,29 \text{ (kJ/kg)}$$

Rendimiento Térmico, o. Energético de la Caldera

Rendimiento energético cociente de energía de salida sobre la energía de entrada.

$$\eta_{\text{energéticocaldera}} = \frac{m_1 (h_1 - h_{13})}{m_{\text{combustible}} \cdot \text{PCI}_{\text{combustible}}} \cdot 100$$

Donde:

$m_1 = 240$ (ton/h); Caudal másico de vapor sobrecalentado salida del sobrecalentador

$h_1 = 3.511,73$ (kJ/kg); Entalpia vapor sobrecalentado salida del sobrecalentador

$h_{13} = 968,57$ (kJ/kg); Entalpia condensado ingreso al economizador

$m_{\text{combustible}} = 17,00$ (ton/h); Caudal másico de combustible

$\text{PCI}_{\text{combustible}} = 9.700,00$ (kcal/kg); Poder calorífico inferior fuel oil

$$\eta_{\text{energético caldera}} = 88,41 \%$$

Conclusiones:

El $\eta_{\text{energético caldera}}$ se puede incrementar disminuyendo el consumo de combustible utilizado en la caldera ($m_{\text{combustible}}$), para lo cual se deberían tomar las siguientes acciones:

- 1- Verificar el estado de la aislación térmica del cuerpo de la caldera a fin de proceder a un cambio parcial, o general de mismo que produciría una disminución en el calor perdido por radiación y convección.
- 2- Controlar la temperatura de salida de los gases de combustión por chimenea a fin de detectar posible estado de ensuciamiento de las superficies de calefacción de la caldera, como son los tubos hervidores del hogar y los tubos del sobrecalentador.
- 3- Verificar el actual procedimiento de purga de fondo de la caldera con el objetivo de obtener un caudal de purga menor de la misma, respetando los valores admisibles de sólidos disueltos indicados por fabricante.

Rendimiento Exergético, o Efectividad Térmica

Rendimiento exergético es el cociente de la exergía producidas, sobre la exergía consumida.



$$\epsilon_{\text{exergético caldera}} = \frac{m_1 (b_1 - b_{13})}{m_1 \cdot (h_1 - h_{13}) \cdot \left(1 - \frac{T_0}{t_{\text{combustión}}}\right)} 100$$

Donde:

$m_1 = 240$ (ton/h); Caudal másico de vapor sobrecalentado salida del sobrecalentador
 $h_1 = 3.511,73$ (kJ/kg); Entalpía vapor sobrecalentado salida del sobrecalentador
 $h_{13} = 968,57$ (kJ/kg); Entalpía condensado ingreso al economizador
 $b_1 = 1.478,35$ (kJ/kg); Exergía vapor sobrecalentado salida sobrecalentador
 $b_{13} = 208,29$ (kJ/kg); Exergía condensado ingreso al economizador
 $T_0 = 298$ K ~ (25 °C); Temperatura de referencia

$$\epsilon_{\text{exergético caldera}} = 58,33 \%$$

Conclusiones:

El η exergético caldera se puede incrementar, para lo cual se deberían tomar las siguientes acciones:

- 1- Aumentar la temperatura a la cual se realiza la combustión en el hogar de la caldera ($t_{\text{combustión}}$) verificando el caudal másico de aire primario y aire secundario en los quemadores.
- 2- Verificar como se realiza el proceso de mezcla entre el combustible y el aire primario y secundario de manera de introducir mejoras que conduzcan a obtener una mezcla uniforme, una llama de dimensiones estables y una adecuada turbulencia a la salida de los quemadores.
- 3- Mejorar el proceso de combustión existente con el fin de reducir los inquemados sólidos y gaseosos (CO; CH y MP); con el objeto de mejorar el rendimiento de la combustión.

Siendo:

CO: monóxido de carbono

CH: hidrocarburo gaseoso sin quemar

MP: material particulado (hollín)

Referencias

1. Kotas, T.J.; The energy method of thermal plant; Krieger Company-EUA
2. Chemical Logic Steam Tab Corporation-USA
3. Gómez J.L.; Ribes A.; Análisis exergético; Editorial Reverte, Barcelona
4. Lugo R; Salazar M.; Zamora J.M.; Torres A.; Toledo M.; Análisis exergético de una central termoeléctrica; Científica, Vol. 3, Num. 1; Instituto Politécnico Nacional-México.
5. Bejan A.; Advance engineering thermodynamics; A. Wiley Interscience Publication; John Wiley & Sons- USA
6. Foster, I., Kesselman, C., Nick, J., Tuecke, S.: La fisiología de la cuadrícula: un Open Grid Services Architecture for Distributed Systems Integration. Informe técnico, Global Grid Forum (2002)



UTN *bhi*



VI Seminario Nacional de Energía y su Uso Eficiente

Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional
Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado. Universidad Tecnológica Nacional

CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA Y FILTRADO DE ARMONICOS

Retrive, Raúl Ramón, Domínguez, Sebastian Mario, Natasha Sawicki
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Delta, Departamento de Ingeniería Eléctrica
San Martín 1171-2804-Campana-Buenos Aires.
retriver@frd.utn.edu.ar
sebastia.dominguez@cmpc.com.ar; sawickinatasha@hotmail.com

RESUMEN

Se realizó el estudio del sistema eléctrico de distribución en media tensión de la empresa Papelera del Plata a los efectos del diseño e implementación de los sistemas de compensación de FP y filtrado de armónicos.

Los objetivos del trabajo fueron:

- Diseñar los circuitos de compensación del factor de potencia y filtrado de armónicos a instalar en la subestación principal de la planta.
- Compensar factor de potencia en un sector de la planta, denominado CONVERSION

Como conclusiones del trabajo podemos mencionar que el sistema fue diseñado para la máxima potencia, no se puede insertar el filtro de 7ª armónica en las condiciones actuales de carga porque produce sobrecompensación.

Se logró corregir el FP de 0,81 a 0,91, bajando la energía reactiva consumida de 13,8 [MVAR] a 8,7 [MVAR] y se puede reutilizar el banco existente en planta para compensar "CONVERSION".

Palabras clave: Eficiencia energética, Factor de Potencia , Armonicas.

Área temática: Uso racional y eficiente de la energía, medio ambiente

1. INTRODUCCION

Un aspecto fundamental de la calidad y eficiencia energética consiste en generar y transportar al máximo energía activa que produzca trabajo útil, procurando compensar las cargas de energía fluctuante y no productivas, como la energía reactiva y la energía de distorsión que generan algunos equipos eléctricos con componentes no lineales.

La aparición de corrientes y tensiones armónicas en el sistema eléctrico crea problemas tales como:

- aumento de pérdidas de potencia activa
- sobretensiones en los condensadores
- errores de medición
- mal funcionamiento de protecciones
- daño en los aislamientos

- deterioro de dieléctricos
- disminución de la vida útil de los equipos
- perjuicios económicos debido a la disminución de la productividad

En las plantas industriales, las causas más frecuentes de corrientes armónicas son las cargas trifásicas no lineales, como motores de accionamiento controlados electrónicamente y UPS's.

Los condensadores de corrección de factor de potencia pueden formar un circuito resonante con las partes inductivas de un sistema de distribución de corriente. Si la frecuencia resonante está cerca de la tensión armónica, la corriente armónica resultante podría aumentar considerablemente, sobrecargando los condensadores y quemando los fusibles de éstos. La salida de condensador por falla, desintoniza el circuito y la resonancia desaparece.

Los armónicos impares, tal como el quinto y el séptimo armónico, tienen el potencial para crear oscilaciones mecánicas en un sistema motor-carga.

1.1 DESCRIPCION DE LOS SECTORES DE LA PLANTA

La planta tiene dos procesos totalmente independientes: FABRICACION y CONVERSION. A continuación se describe brevemente los sistemas que forman parte de cada uno:

Fabricación: Nave de fabricación: Consta de tres máquinas papeleras de proceso continuo, las cuales trabajan en forma independiente.

Edificio Planta Térmica: Dentro del mismo funcionan tres calderas:

Edificio Planta de Agua

Planta de Tratamiento de Efluentes

Conversión: Está compuesta por tres edificios en los cuales se encuentran las líneas de conversión encargadas de procesar el papel procedente de fabricación.

1.2 DIAGRAMA UNIFILAR SIMPLIFICADO DE LA PLANTA

En el siguiente esquema simplificado se representa la planta agrupando. En dicho esquema se marcan los puntos de medición utilizados y los sitios propuestos para realizar la compensación, donde se instalarán los circuitos diseñados para cumplir con los objetivos de este proyecto.

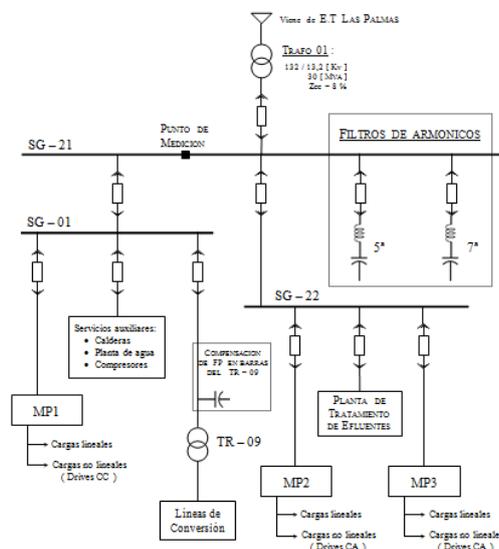


Figura 1: Diagrama unifilar simplificado de la planta

1.3 DESCRIPCION DEL PROBLEMA EN CONVERSION

Las cargas principales de la planta son las máquinas papeleras. Este sector se alimenta del TRAF0 – 09 en carga (alrededor del 86 %) tiene el cambiador de tomas en vacío en su punto máximo de regulación. Estos motivos, sumados al hecho de no ser una carga representativa para el sistema, hacen que con la planta de FABRICACION parada la tensión se eleve demasiado impidiendo la habilitación y puesta en marcha de equipos que se alarman por las protecciones de sobretensión. Esta situación permanece hasta que normalizan carga en FABRICACION y se estabilizan los niveles de tensión.

Para solucionar este inconveniente se propone instalar un banco de capacitores acoplado a las barras de media tensión del TRAF0 – 09.

2 DISEÑO DEL SISTEMA DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA Y FILTRADO DE ARMÓNICOS

2.1 DETALLE DE CARGAS ASOCIADAS A CADA PROCESO

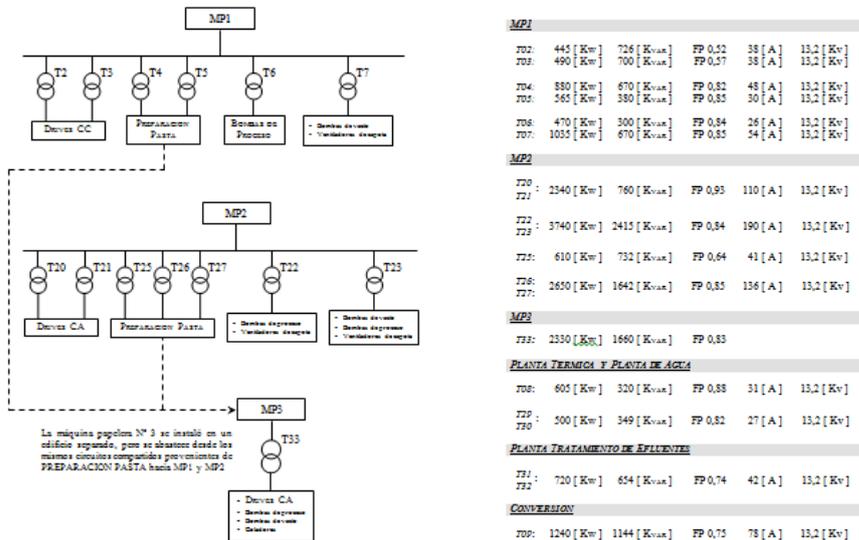


Figura 2: Detalle de cargas asociadas a cada proceso

2.2 CONSUMO TOTAL DE PLANTA

Los datos fueron tomados en el punto de medición indicado en el diagrama unifilar Figura1.

$$P = 19,3 [Mw] \quad P_{MAX} = 21,2 [Mw] \quad Q = 13,8 [MVAR] \quad Q_{MAX} = 15,5 [MVAR] \quad S = 23,7 [MVA]$$

$$FP = 0,81 \quad I = 1030 [A] \quad V = 13,2 [Kv] \quad V_{THD} = 2,1 \% \quad I_{THD} = 1,6 \%$$

Los armónicos predominantes del sistema son el 5º y el 7º

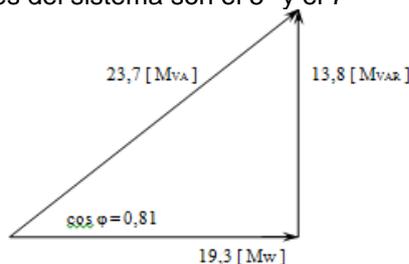


Figura 3: Triángulo de Potencia – Consumo total de planta

Basándose en las mediciones realizadas se calculará y diseñará un sistema de compensación del factor de potencia y filtrado de armónicos.

2.3 VENTAJAS TECNICAS DE LA COMPENSACION DEL F.P

- Uso optimizado del transformador principal TR – 01 de 132 [Kv]
- Uso optimizado de la línea de transmisión en 132 [Kv] de TRANSBA
- Reducción de las pérdidas en el transformador principal TR – 01
- Reducción de las caídas de tensión y pérdidas en las líneas de transmisión
- Reducción del consumo de energía, y por lo tanto del costo de la facturación

2.4 CALCULO DE LOS CIRCUITOS PARA COMPENSACION DEL F.P

2.4.1 COMPENSACIÓN CENTRALIZADA

Se instalará un banco de capacitores en la subestación principal de la planta para compensación “centralizada” del factor de potencia. Figura 4

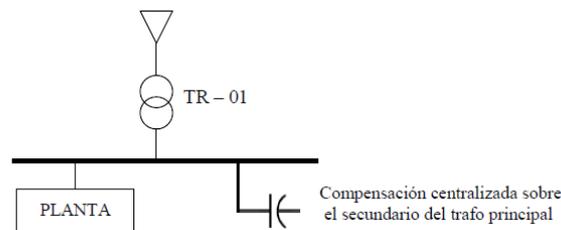


Figura 4 : Punto de compensación

2.4.1.2 VENTAJAS DE LA COMPENSACIÓN CENTRALIZADA

Optimización del costo del banco de capacitores, debido a que funciona en forma permanente y a su máxima capacidad.

Datos del transformador principal TR – 01: 30 [MVA] 132 / 13,2 [Kv] $Z_{cc} = 8 \%$

Situación de carga actual

Las mediciones fueron efectuadas en la subestación principal, tablero de media tensión: SG – 21 , Celda N° 1, Instrumento *sepam* de la marca MERLIN GERIN

$P = 19,3$ [Mw] $Q = 13,8$ [MVAR] $S = 23,7$ [MVA] $FP = 0,81$

Máximos registros: $P_{MAX} = 21,2$ [Mw] $Q_{MAX} = 15,5$ [MVAR]

Proyección a futuro – ampliación: $P = 24$ [Mw] FP estimado=0,8 ind FP deseado=0,96 ind

Cálculo del banco de capacitores: $Q_c = P \cdot (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$ $\phi_1 = \cos^{-1}(0,80)$ $\phi_2 = \cos^{-1}(0,96)$

$Q_c = 24$ [Mw] . $(\tan \phi_1 - \tan \phi_2) = 11$ [MVAR]

Verificación sobre la situación de carga actual

$$S = \sqrt{P^2 + (Q - Q_c)^2} = \sqrt{19,3^2 + (13,8 - 11)^2} = 19,5$$

$FP = P / S = 19,3 / 19,5 = 0,99$



Para la situación de carga actual el sistema se encuentra sobre-compensado. Por tal motivo se colocarán dos pasos de 5,5 [MVAR] cada uno.

El factor de potencia con un solo paso de 5,5 [MVAR] se reduce a :

$$S = \sqrt{P^2 + (Q - Q_c)^2} = \sqrt{19,3^2 + (13,8 - 5,5)^2} = 21 \text{ [MVA]}$$
$$FP = P / S = 19,3 / 21 = 0,91$$

Este valor de factor de potencia se encuentra dentro de los límites aceptables.

2.5 INCONVENIENTE GENERADO AL INSTALAR EL BANCO DE CAPACITORES

Debido a la presencia de grandes cargas no lineales en el accionamiento de las máquinas papeleras, se corre el riesgo de que el banco de capacitores entre en resonancia con la inductancia equivalente del sistema para alguna de las frecuencias de los armónicos generados por tales dispositivos de control. Como consecuencia podría producirse una amplificación de corriente en el armónico cercano a la frecuencia de resonancia entre " inductancia de red "vs" banco de capacitores ", lo cual ocasionaría efectos negativos sobre el sistema

2.5.1 SOLUCION PROPUESTA PARA EVITAR LAS POSIBLES RESONANCIAS

Para evitar este fenómeno de resonancia, se propone diseñar un filtro de armónicos conectando una reactancia inductiva en serie con el banco de capacitores.

Esta configuración se denomina filtro shunt resonante:

Shunt: porque su conexión es paralelo en el punto donde se está compensando el factor de potencia

Resonante: porque se sintoniza para crear una resonancia a la frecuencia del armónico que se desea filtrar.

2.5.2 CARACTERIZACION DE LOS ARMONICOS PRESENTES EN EL SISTEMA ANALIZADO

Para este sistema las cargas no lineales más importantes son los variadores de velocidad del accionamiento de las máquinas papeleras: en corriente continua para la MP1 y en corriente alterna para MP2 y MP3.

Se trata de convertidores de 6 pulsos, los cuales por naturaleza generan armónicos teóricamente para:

$$h = p \cdot k \pm 1 \quad \text{con } p : \text{ número de pulsos del convertidor}$$
$$k : \text{ número entero}$$

Por lo tanto, aparecerán en el sistema armónico de orden:

$$h = 6 \cdot 1 - 1 = 5^\circ ; h = 6 \cdot 1 + 1 = 7^\circ ; h = 6 \cdot 2 - 1 = 11^\circ ; h = 6 \cdot 2 + 1 = 13^\circ$$

Los armónicos de orden superior serán despreciados para el sistema en estudio.

3 CALCULO DE LAS FRECUENCIAS DE RESONANCIA

El armónico de resonancia puede determinarse con la siguiente fórmula:

$$h = \sqrt{\frac{MVAcc}{MVAR}} \quad \text{donde } MVAcc : \text{ potencia de cortocircuito en barras de MT}$$
$$\text{donde se conectará el filtro.}$$

MVAR : potencia reactiva del banco de capacitores

Armónico de resonancia con el banco de capacitores completo de 11 [MVAR] :

$$h = \sqrt{\frac{MVAcc}{MVAR}} \quad h = \sqrt{\frac{433 [MVA]}{11 [MVAR]}} = 6,27$$

Armónico de resonancia con uno solo de los pasos de 5,5 [MVAR] :

$$h = \sqrt{\frac{MVAcc}{MVAR}} \quad h = \sqrt{\frac{433 [MVA]}{5,5 [MVAR]}} = 8,87$$

El acoplamiento del banco completo de capacitores provocaría una resonancia a una frecuencia cercana al 6º armónico. Si solo se acoplara un solo paso del banco de capacitores la resonancia se provocaría con el 9º armónico.

De acuerdo al análisis realizado en el punto “ caracterización de los armónicos presentes en el sistema ” se determinó que los armónicos predominantes son el 5º y el 7º. Los de orden superior pueden ser despreciados.

De acuerdo a estos resultados puede concluirse que diseñando un filtro de 5º armónica y un filtro de 7º armónica se logrará compensar el factor de potencia sin que exista riesgo de resonancia, debido a que las frecuencias a las que esto podría ocurrir están por encima del 5º armónico, y en esa banda de frecuencias el sistema se comporta como inductivo.

3.1 DISEÑO DE LOS FILTROS

Con uno de los pasos del banco de capacitores de 5,5 [MVAR] se diseñará un filtro sintonizado en la 5º armónica, y con el otro paso de 5,5 [MVAR] se diseñará un filtro sintonizado en la 7º armónica.

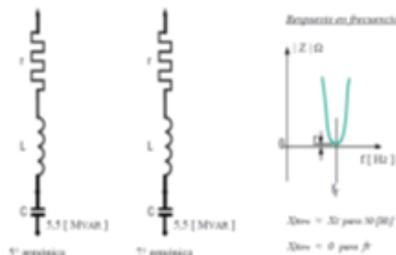


Figura 5: Sintonización simple – 1º orden

La “r” que aparece simbolizada en el filtro representa la resistencia propia del inductor, y está relacionada con el factor de calidad “q” de la bobina. Si el circuito resonante comprende una inductancia L , y una capacitancia C, en serie con una resistencia efectiva R, entonces el valor de “q” es :

$$q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Para un reactor con núcleo de aire, como el que se utilizará en este filtro, este factor de calidad “q” debe ser de aproximadamente 75.

3.2 FILTRO DE 5º ARMONICA

$$Qc = 5,5 [MVAR]$$

3.2.1 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD “ C ” NECESARIA

El filtro tiene carácter capacitivo por debajo de la frecuencia de resonancia sintonizada. Por lo tanto realiza la compensación de energía reactiva a la frecuencia industrial.

$$C = 96,457 \text{ [} \mu\text{F / fase]}$$

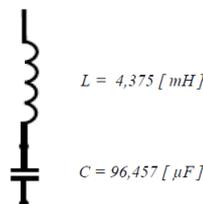
3.2.2 DETERMINACIÓN DE LA INDUCTANCIA “ L ” NECESARIA

Para la condición de resonancia en 5° armónica: El filtro se sintoniza a una frecuencia levemente menor a la del armónico para evitar que cualquier desajuste de sus componentes no crea una nueva resonancia.

Tomando arbitrariamente un valor para sintonización del filtro de 5° armónica en $h = 4,9$:

$$L = 4,375 \text{ [mH]}$$

Finalmente, el filtro de 5° armónica diseñado es:



3.2.3 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS, MONTAJE Y CONFIGURACIÓN DEL FILTRO DE 5° ARMÓNICA

Banco de capacitores: ABB tipo CHBD – 182 9,5 [Kv] de 24,1 [μF] dando un total de $C = 96,4 \text{ [} \mu\text{F / fase]}$.

Reactores: Se colocarán tres bobinas con núcleo de aire, una por cada fase : HAEFELY TRENCH tipo FRS 95 / 341 / 4.38 de 4,38 [mH]

3.3 FILTRO DE 7° ARMONICA

$$Q_c = 5,5 \text{ [MVAR]}$$

3.3.1 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD “ C ” NECESARIA

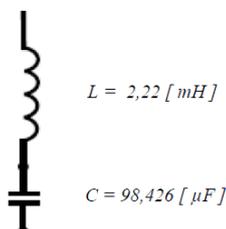
$$C = 98,426 \text{ [} \mu\text{F / fase]}$$

3.3.2 DETERMINACIÓN DE LA INDUCTANCIA “ L ” NECESARIA

Para la condición de resonancia en 7° armónica: Tomando arbitrariamente la sintonización del filtro de 7° armónica en $h = 6,8$:

$$L = 2,22 \text{ [mH]}$$

Finalmente, el filtro de 7° armónica diseñado es:



3.3.3 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS, MONTAJE Y CONFIGURACIÓN DEL FILTRO DE 7° ARMÓNICA

Banco de capacitores: Se colocarán tres capacitores en paralelo por cada fase ABB tipo CHBD – 202 8,735 [Kv] de 32,77 [μF] dando un total de $C = 98,31$ [μF / fase].

Reactores: Se colocarán tres bobinas con núcleo de aire, una por cada fase HAEFELY TRENCH tipo FRS 95 / 300 / 2.23 de 2,23 [mH]

4 COMPENSACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN EL TRAF0 – 09 CONVERSIÓN

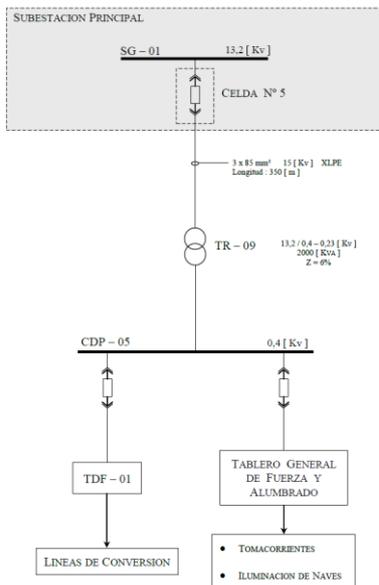


Figura 6 Diagrama unifilar TRAF0 – 09 Y CDP – 05

4.1 ANALISIS DE CARGA DEL TRAF0 – 09

Características nominales del TRAF0 – 09

13,2 / 0,4 – 0,23 [Kv] 2000 [KVA] $Z = 6 \%$

Situación de carga actual del TRAF0 – 09

Datos obtenidos del medidor IQ – DATA PLUS 1000 en celda N° 4, SG – 01

$P = 1240$ [Kw] ; $Q = 1144$ [KVAR] ; $I = 78$ [A] ; $FP = 0,75$; Máxima demanda = 1451 [KVAR]

4.2 CALCULO DE LOS CIRCUITOS DE COMPENSACION DEL FP EN EL TRAF0 – 09

4.2.1 Tipo de compensación:

Se instalará un banco de capacitores en el box del transformador N° 9 para compensación centralizada del factor de potencia en barras de media tensión.

Criterio utilizado para esta elección: Se desea regular tensión en barras del TRAF0 – 09 . El objetivo es bajar un punto el cambiador de tomas en vacío del transformador.

Con la colocación del banco de capacitores se tendría la posibilidad de mantener la misma tensión que existía antes de bajar un punto del cambiador de tomas en vacío del transformador y ganar un escalón de tensión con la maniobra del interruptor de acoplamiento del banco de capacitores.



4.2.2 Características del TRAF0 – 09

13,2 / 0,4 – 0,23 [Kv]

2000 [KVA]

Z = 6 %

4.3 CÁLCULO DEL BANCO DE CAPACITORES NECESARIO

Se desea corregir el factor de potencia llevándolo de 0,78 ind a 0,97 ind

$$Q_c = P \cdot (\operatorname{tg} \phi_1 - \operatorname{tg} \phi_2) = 1451 [\text{Kw}] \cdot [\operatorname{tg} (\cos^{-1} 0,78) - \operatorname{tg} (\cos^{-1} 0,97)]$$

$$Q_c = 800 [\text{KVAR}]$$

4.3.1 CALCULO DE LA ELEVACION DE TENSION CON EL BANCO DE CAPACITORES

$$V [\%] = \frac{ \text{KVAR} \cdot Z_{cc} [\%] }{ \text{KVA} }$$

donde $\left. \begin{array}{l} \text{KVAR} : \text{potencia reactiva del banco} \\ Z_{cc} : \text{impedancia de cortocircuito} \\ \text{KVA} : \text{potencia aparente} \end{array} \right\} TR - 09$

$$V [\%] = \frac{ 800 [\text{KVAR}] \cdot 6 [\%] }{ 2000 [\text{KVA}] }$$

$$V [\%] = 2,4 [\%]$$

Cada punto del cambiador de tomas en vacío del transformador produce una variación de tensión del 2,5 % , mientras que la puesta en servicio del banco de capacitores produce una variación de tensión del 2,4 %.

Por lo tanto, se logra el objetivo de ésta parte del proyecto que consistía en poder bajar un punto el cambiador de tomas en vacío del TRAF0 – 09

4.4 DISEÑO DEL BANCO DE CAPACITORES :

$$Q_c = 800 [\text{KVAR}] \quad \text{Determinación de la capacidad " C " necesaria:} \quad C = 14,61 \mu\text{F/Fase}$$

En la subestación principal existe un banco de capacitores que dejó de utilizarse. Se intentará reconfigurarlo para poder utilizarlo en el transformador TR – 09

Características del banco de capacitores existente en planta (fuera de servicio)

Se trata de un banco de capacitores conexión " Δ ", constituido por unidades tipo EX7L de 100 [K_{VAR}] de la marca Cooper Power Systems.

4.4.1 RECONFIGURACIÓN DEL BANCO DE CAPACITORES

Con los elementos disponibles se desea reconfigurar el banco de capacitores existente para que entregue la energía reactiva requerida de acuerdo a los cálculos realizados anteriormente.

Se propone instalar un banco de capacitores conexión " Y " conformado por tres unidades de 100 [K_{VAR}] en paralelo por fase, dando un total de 900 [K_{VAR}].

Ahora, para éste valor de energía reactiva se tiene que :

- el nuevo factor de potencia será :

$$S = \sqrt{ P^2 + (Q - Q_c)^2 } = \sqrt{ 1451^2 + (1164 - 900)^2 } = 1474 [\text{KVA}]$$



$$FP = \frac{P}{S} = \frac{1451}{1474} = 0,98$$

- la elevación de tensión en barras del TRAF0 – 09 será:

$$V [\%] = \frac{KVAR \cdot Z_{cc} [\%]}{KVA} \quad \text{donde} \quad \left. \begin{array}{l} KVAR : \text{potencia reactiva del banco} \\ Z_{cc} : \text{impedancia de cortocircuito} \\ KVA : \text{potencia aparente} \end{array} \right\} TR - 09$$

$$V [\%] = \frac{900 [KVAR] \cdot 6 [\%]}{2000 [KVA]} \longrightarrow \boxed{V [\%] = 2,7 [\%]}$$

- el nuevo factor de potencia será :

$$S = \sqrt{P^2 + (Q - Q_c)^2} = \sqrt{1451^2 + (1164 - 600)^2} = 1556 [KVA]$$

$$FP = \frac{P}{S} = \frac{1451}{1556} = 0,93$$

- la elevación de tensión en barras del TRAF0 – 09 será:

$$V [\%] = \frac{KVAR \cdot Z_{cc} [\%]}{KVA} \quad \text{donde} \quad \left. \begin{array}{l} KVAR : \text{potencia reactiva del banco} \\ Z_{cc} : \text{impedancia de cortocircuito} \\ KVA : \text{potencia aparente} \end{array} \right\} TR - 09$$

$$V [\%] = \frac{600 [KVAR] \cdot 6 [\%]}{2000 [KVA]} \longrightarrow \boxed{V [\%] = 1,8 [\%]}$$

CONCLUSIÓN

Con los elementos disponibles puede optarse por dos configuraciones:

- 900 [K_{VAR}] , con un escalón de tensión generado de 2,7 %
- 600 [K_{VAR}] , con un escalón de tensión generado de 1,8 %

5. NIVELES DE ARMÓNICAS PERMITIDOS POR LAS NORMAS

Para asegurar la integridad en el sistema de potencia global, es preciso establecer límites sobre los niveles de distorsión permisibles que apliquen tanto a los usuarios como a los suministradores de la energía.

La Norma IEEE 519 “Prácticas recomendadas y requerimientos para el control de armónicas en sistemas eléctricos de potencia” define entre sus puntos los valores máximos de distorsión permisible.

Esta norma está diseñada para limitar las corrientes armónicas de cada usuario en lo individual de forma que los niveles armónicos en voltaje en la totalidad del sistema de potencia sean aceptables.

5.1 LÍMITES DE DISTORSIÓN EN VOLTAJE



El presente proyecto está basado en la norma IEEE – 519 donde está especificado el nivel admisible de contenido de armónicos para el sistema estudiado.

De acuerdo a las mediciones realizadas en la subestación principal con el filtro de 5° armónica insertado, valores reflejados en la tabla 3, puede comprobarse que el sistema cumple con las normas especificadas para los niveles de distorsión de voltaje. Tabla 1

Voltaje de Barra en el PCC	Distorsión de Voltaje Individual (%)	Distorsión de Voltaje Total THD (%)
69 kV y por debajo	3.0	5.0
69.001 V a 161 kV	1.5	2.5
161.001 V y por encima	1.0	1.5

NOTA: Los sistemas de alto voltaje pueden estar por encima del 2% de THD cuando la causa es un terminal HVDC que se atenuará por el tiempo que se derive para un usuario.

Tabla 1 : Los límites de distorsión de voltaje recomendados

5.2 LÍMITES DE DISTORSIÓN EN CORRIENTE

Para determinar los límites de distorsión de corriente utilizando la tabla 2, primero se debe determinar la relación I_{cc} / I_{max} .

Cálculo de la corriente de cortocircuito

$$I_{cc} = \frac{433.000.000 \text{ [MVA]}}{\sqrt{3} \cdot 13.200 \text{ [V]}} = 18.938 \text{ [A]}$$

Cálculo de la máxima corriente demandada

Para el promedio de los valores máximos registrados:

$$S = \sqrt{P_{MAX}^2 + Q_{MAX}^2} = \sqrt{21,2 \text{ [MW]}^2 + 15,5 \text{ [MVAR]}^2} = 26,3 \text{ [MVA]}$$

La corriente máxima demandada es:

$$I_{MAX} = \frac{26.300.000 \text{ [MVA]}}{\sqrt{3} \cdot 13.200 \text{ [V]}} = 1150 \text{ [A]}$$

Cálculo de la relación I_{cc} / I_{max} $I_{cc} / I_{MAX} = 18.938 / 1150 = 16,5$

Entrando en la tabla 2 con el valor calculado anteriormente

IEEE 519

Límites de la distorsión armónica en corriente en la acometida

I_{cc}/I_L	TDD	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$h \geq 35$
$V_n \leq 69 \text{ kV}$						
<20	5.0%	4.0%	2.0%	1.5%	0.6%	0.3%
20-50	8.0%	7.0%	3.5%	2.5%	1.0%	0.5%
50-100	12.0%	10.0%	4.5%	4.0%	1.5%	0.7%
100-1000	15.0%	12.0%	5.5%	5.0%	2.0%	1.0%
>1000	20.0%	15.0%	7.0%	6.0%	2.5%	1.4%
$69 \text{ kV} < V_n \leq 161 \text{ kV}$						
<20*	2.5%	2.0%	1.0%	0.75%	0.3%	0.15%
20-50	4.0%	3.5%	1.75%	1.25%	0.5%	0.25%
50-100	6.0%	5.0%	2.25%	2.0%	0.75%	0.35%
100-1000	7.5%	6.0%	2.75%	2.5%	1.0%	0.5%
>1000	10.0%	7.5%	3.5%	3.0%	1.25%	0.7%
$V_n > 161 \text{ kV}$						
<50	2.5%	2.0%	1.0%	0.75%	0.3%	0.15%
≥ 50	4.0%	3.5%	1.75%	1.25%	0.5%	0.25%

Tabla 2 Límites de la distorsión armónica en corriente de la acometida.

SIN FILTRO		CON FILTRO	
P	19,3 [MW]	P	19,3 [MW]
Q	13,8 [MVAR]	Q	8,7 [MVAR]
S	23,7 [MVA]	S	21,3 [MVA]
FP	0,81	FP	0,91
U	13,2 [KV]	U	13,4 [KV]
I	1030 [A]	I	930 [A]
V1 THD	1,9%	V1 THD	1,3%
V2 THD	2,3%	V2 THD	1,1%
V3 THD	2,1%	V3 THD	1,3%
I1 THD	1,5%	I1 THD	1,4%
I2 THD	1,6%	I2 THD	1,4%
I3 THD	1,8%	I3 THD	1,4%
I1 HD3	0,2%	I1 HD3	0,3%
I2 HD3	0,2%	I2 HD3	0,2%
I3 HD3	0,3%	I3 HD3	0,1%
I1 HD5	1,4%	I1 HD5	1,2%
I2 HD5	1,3%	I2 HD5	1,1%
I3 HD5	1,5%	I3 HD5	1,0%
I1 HD7	0,5%	I1 HD7	0,5%
I2 HD7	0,3%	I2 HD7	0,5%
I3 HD7	0,5%	I3 HD7	0,5%

VALORES MAXIMOS REGISTRADOS	
V1 THD MAX =	14,6 %
V2 THD MAX =	30,1 %
V3 THD MAX =	28 %
I1 THD MAX =	111,9 %
I2 THD MAX =	87,9 %
I3 THD MAX =	127,9 %

CORRIENTE DEL FILTRO	
	256 [A]

Solo se encuentra insertado el filtro de 5ª armónica debido a que, para el estado de carga actual de la planta, la inserción del filtro de 7ª armónica dejaría al sistema sobre-compensado.

Tabla 3 : Mediciones con el filtro de 5ª armónica acoplado

De acuerdo a las mediciones realizadas en la subestación principal con el filtro de 5ª armónica insertado, ver tabla 3, puede comprobarse que el sistema cumple con las normas especificadas para los niveles de distorsión de corriente.

6 CONCLUSION

Como conclusiones del trabajo podemos mencionar que el sistema fue diseñado para la máxima potencia, no se puede insertar el filtro de 7ª armónica en las condiciones actuales de carga porque produce sobrecompensación.

Se logró corregir el FP de 0,81 a 0,91, bajando la energía reactiva consumida de 13,8 [MVAR] a 8,7 [MVAR] y se puede reutilizar el banco existente en planta para compensar "CONVERSION".

REFERENCIAS

- [1] Documentos técnicos ABB y de SCHNEIDER ELECTRIC
- [2] Información técnica de los equipos utilizados HAEFELY TRENCH
- [3] Norma IEEE 519 "Prácticas recomendadas y requerimientos para el control de armónicas en sistemas eléctricos de potencia.