

# Análisis del uso de las energías alternativas para la evaluación de su impacto en la industria regional

Bordón, César Francisco<sup>1</sup>; Chezzi, Carlos María<sup>1</sup>; Penco, José Jorge<sup>1</sup>; Salvarredi, Mariela<sup>1</sup>; Álvarez, Carlos<sup>1</sup> y Tymoschuk, Ana Rosa<sup>2</sup>

*1-Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional.  
Salta 277 (E3200EKE) Concordia, Entre Ríos.*

[fran-bordon@hotmail.com](mailto:fran-bordon@hotmail.com)

[carlos\\_chezzi@frcon.utn.edu.ar](mailto:carlos_chezzi@frcon.utn.edu.ar)

[jpenco@frcon.utn.edu.ar](mailto:jpenco@frcon.utn.edu.ar)

[msalvarredi74@gmail.com](mailto:msalvarredi74@gmail.com)

[carlosalv79@gmail.com](mailto:carlosalv79@gmail.com)

*2- Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional.  
Lavaise 610 (S3004EWB) Santa Fe, Santa Fe.*

[atymoschuk@frsf.utn.edu.ar](mailto:atymoschuk@frsf.utn.edu.ar)

## RESUMEN

La energía es esencial para la vida y para el crecimiento económico de la población, además su obtención mediante recursos convencionales tiene un límite y produce un efecto contaminante notable. Por ello se debe pensar en un plan de incorporación de energías alternativas no solo desde la parte social y económica, sino también integrado a un desarrollo sostenible de las mismas y con un mínimo impacto al medio ambiente. La implementación de tecnologías para la generación de energías alternativas tiene un costo de inversión inicial más elevado por MW que aquellas de generación térmica y es fundamental abordar herramientas que permitan evaluar políticas previamente a su implementación. El objetivo de este trabajo es presentar un análisis económico de modelos de consumo energético con el fin de analizar las posibilidades de implementación de energías alternativas en la industria, tomando como referencia los recursos naturales disponibles en la región. En la provincia de Entre Ríos se está proyectando la generación de energía eléctrica a partir de la biomasa obtenida de los residuos de las industrias arroceras y forestales, como combustible. En cuanto a las empresas de la región de Salto Grande se está reemplazando el gas natural y diésel por el uso de biomasa y pellet de madera, como combustibles para la generación de energía eléctrica, calefacción industrial y hogareña. A partir de estos datos y modelos se analizan distintos escenarios energéticos y se evalúan los resultados desde una visión del desarrollo sustentable. Como resultado del trabajo se muestran los beneficios socio-económicos que puede aportar a la industria el uso de estas energías alternativas.

**Palabras Claves:** modelo energético industrial, energías renovables, desarrollo sustentable, caso de estudio.

## ABSTRACT

Energy is essential for life and for economic growth of the population, and their production by conventional resources is limited and produces a remarkable polluting effect. Therefore you should think of a plan to incorporate alternative energy not only from the social and economic side, but also integrated sustainable development of the same and with minimal impact to the environment. The implementation of technologies for alternative energy generation has an initial investment cost per MW higher than those of thermal generation and is crucial to address tools to evaluate policies prior to implementation. The aim of this paper is to present an economic analysis of energy consumption patterns in order to analyze the possibilities of implementing alternative energy industry, with reference to the natural resources available in the region. In the province of Entre Ríos being projected electricity generation from biomass residues obtained from rice and forestry industries, as fuel. As for the companies in the region of Salto Grande it is replacing natural gas and diesel for the use of biomass and wood pellets as fuel for power generation, industrial and home heating. From these data and models various energy scenarios are analyzed and the results are evaluated from a perspective of sustainable development. As a result of the work the socio-economic benefits it can bring to the industry the use of these alternative energy.

## 1. INTRODUCCIÓN

Un modelo económico en crecimiento requiere abastecer un consumo ascendente de energía. Las energías no renovables como la fósil y nuclear entre otras, tienen una capacidad finita y por lo tanto pueden agotarse. Para lo cual es necesario abordar el uso de energías alternativas por la posibilidad de renovación y por su menor efecto contaminante [1,2].

De los datos estadísticos, con fuente de información en el balance energético del año 2014 [3], se concluye que la matriz energética primaria depende principalmente de hidrocarburos, con una utilización del 50% en gas natural y del 35% en petróleo; con una baja incidencia de fuentes renovables de sólo el 5%. En la matriz secundaria se visualiza que el gas natural y los combustibles representan el 80% de las fuentes de generación, mientras que la electricidad llega al 14%, con lo cual se observa el mismo patrón de consumo de las primarias. La electricidad es generada en su mayor parte insumiendo hidrocarburos en las centrales térmicas y se estima que un 35% del gas producido e importado se destina a la generación de electricidad. Por tanto la utilización de energías renovables es un desafío significativo en futuras políticas energéticas.

“Se considera energía renovable a aquella que se obtiene de fuentes naturales que pueden considerarse como inagotables, ya sean por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales” [1].

La incorporación de energías renovables produce no sólo una disminución en el consumo de combustibles fósiles sino también otros beneficios, los cuales se precisan en el marco conceptual elaborado por la Comisión de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible [4]. Este marco propone indicadores clasificados en las dimensiones social, económica y ambiental. Por cada dimensión se especifican temas y subtemas. En la dimensión social se plantean temas de equidad y salud, en la económica patrones de uso, producción y seguridad y respecto al medio ambiente los temas abordados son atmósfera (cambio climático y calidad del aire), calidad del agua y tierra (calidad de suelos, bosques y gestión de desechos). De este modo las decisiones de implementación de energías alternativas son una fuente de cambios que se deben contemplar en los aspectos multidisciplinarios antes mencionados y sobre la base de estos indicadores se pueden proponer grillas de evaluación para medir los efectos de las decisiones en las políticas energéticas.

Por tanto no sólo se debe analizar la incorporación de energías alternativas desde un aspecto económico y de generación, sino que deben considerarse tecnologías desde su producción y almacenamiento hasta su distribución y uso, con una visión que contemple las dimensiones económicas, sociales y ambientales.

Desde la perspectiva económica, se observa altos costos de incorporación en el proceso industrial, determinados por la inversión inicial para la generación de la energía y reestructuración necesaria por el nuevo equipamiento, así como la falta de redes de integración de las nuevas energías. Los países que cuentan con experiencias sólidas han desarrollado políticas para la reducción de tasas impositivas, aporte de subsidios y una legislación que incentive su implementación y que posibilite un balance económico positivo respecto a los altos costos [5].

En nuestro país se está trabajando en la estimulación del uso y para ello se ha promulgado la ley 27.191 que establece que en el año 2017 se deberá contar con el 8% de generación eléctrica a partir de fuentes renovables como el viento, el sol o las pequeñas centrales hidroeléctricas, entre otras. Además estipula un porcentaje de crecimiento al 20% para el año 2020.

Como experiencia de implementación de energías alternativas con biomasa en la industria se muestra el análisis FODA del trabajo [6], en el cual se destacan como fortalezas las relacionadas al desarrollo económico, incremento de la competitividad por reducción de costos, desarrollo de industrias paralelas y contribución a la reducción de la importación de energía y como debilidades, la necesidad de una inversión inicial, adaptación de espacios para el nuevo equipamiento y necesidad de contar con una logística y con capacidades de almacenamiento de energía para su suministro. En cuanto a las oportunidades desarrollo de las economías regionales, implementación de políticas de preservación de recursos, incremento del uso de los recursos nacionales y desarrollo paralelo a la industria forestal. Respecto a las amenazas se destacan la falta de políticas nacionales en el uso de energías renovables en la industria, desconfianza de los gerentes en cuanto a las tecnologías de energías renovables y el control del mercado por parte de las energías tradicionales.

El objetivo de este trabajo es presentar un análisis económico de modelos de consumo energético con el fin de analizar las posibilidades de implementación de energías alternativas en la industria, tomando como referencia los recursos naturales disponibles en la región.

En la sección 2 se analizan las capacidades de Entre Ríos para la generación de energías renovables en función de sus recursos disponibles, en la sección 3 se describen herramientas informáticas que posibilite la evaluación de modelos energéticos, en la sección 4 se especifica una estrategia de buenas prácticas para la incorporación de energías renovables en la industria, en la sección 5 se desarrolla un caso de estudio de la industria local y por último se presentan las conclusiones.

## 2. ENERGÍAS RENOVABLES EN ENTRE RÍOS.

Sobre la base del análisis de los mapas de energías renovables en el Sistema de Información Geográfica (SIG) [7] de la Secretaría de Energía de la Nación se observan las potencialidades de la provincia de Entre Ríos para la incorporación de energías renovables.

Respecto a la oferta de biomasa se puede afirmar que en Entre Ríos (**Figura 1**) se dispone de recursos para la producción de este tipo de energía. Los mismos consisten en residuos de cáscara de arroz y foresto industriales.

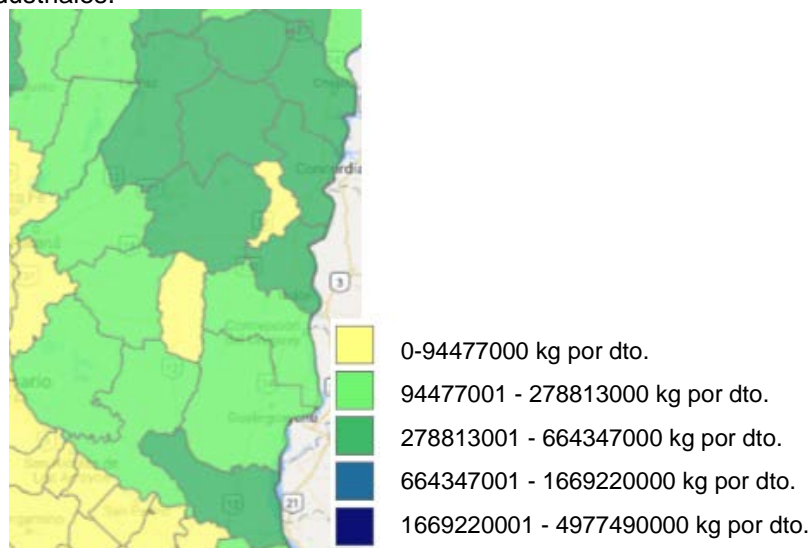


Figura 1: Oferta de biomasa en Kg. por Departamento

El recurso forestal de la Provincia de Entre Ríos se localiza sobre la margen del río Uruguay y en especial en su zona norte. La mayor cantidad de aserraderos, proveedores mayoritarios de los residuos se encuentran en Federación y en Chajarí. La cantidad actual de residuos disponibles en la actividad forestal primaria y foresto industrial se puede estimar utilizable con fines energéticos, que resulta entre 710.000 t/año y 840.000 t/año de biomasa. La zona de Federación se ha evaluado como ideal para la instalación de una central de generación de energía eléctrica a partir de los residuos foresto industriales. Respecto al arroz, por cada 100 kg se obtienen entre 14 kg y 27 kg de cáscaras. La cáscara del arroz se utiliza como combustible y sus cenizas como abono. La cáscara tiene un elevado contenido en sílice, por lo que no se utiliza en alimentación animal. Los residuos de la producción arroceras en Entre Ríos son del orden de 100.000 t/año. Las zonas con mayor concentración de molinos arroceros son las correspondientes a los departamentos de Concordia, Colón, San Salvador y Villaguay [8].

Respecto a los biocombustibles se observa la producción de biodiesel en las localidades de Villaguay, Crespo y Nogoyá, sin registrarse plantas de bioetanol. En cuanto a las plantas productoras de aceite vegetal se destacan las de Paraná, Nogoyá y Gualaguaychú.

Para analizar la posibilidad de uso de la energía solar se observan los mapas de insolación (<http://sig.se.gob.ar/geoportal/index.php/proyectos/?id=24>) en la **Figura 2**, los cuales muestran la media de la radiación solar que llega a la Tierra en MJ (mega Joule)/m<sup>2</sup> por día.

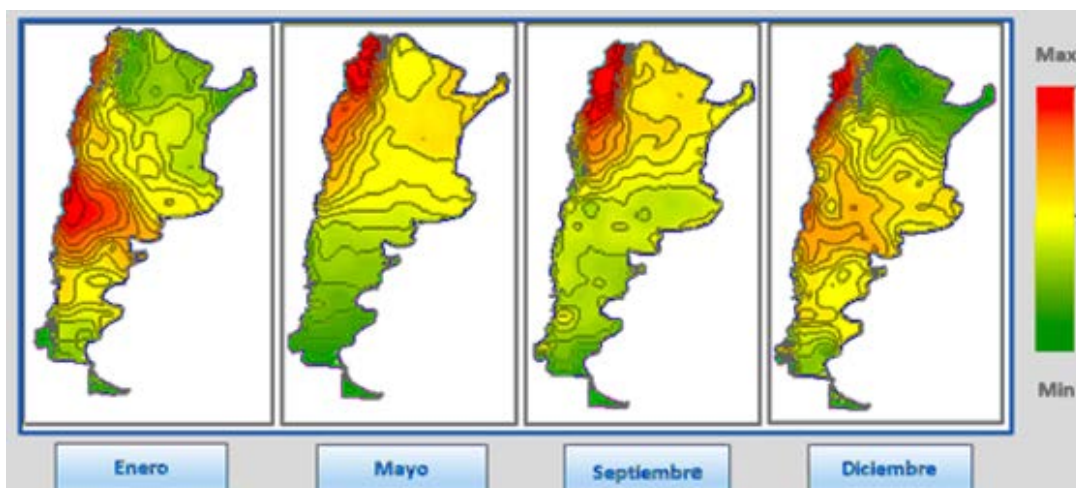


Figura 2: Mapas de insolación para los meses enero, mayo, septiembre y diciembre

Se concluye que la capacidad de generación es media por lo cual es recomendable el uso de la misma en demandas menores.

### **3. HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS PARA LA GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES.**

Para planificar y evaluar la incorporación de energías alternativas en el proceso industrial se pueden considerar la utilización de los siguientes sistemas informáticos:

(I) RETScreen que es un sistema de gestión de energías limpias para el análisis de la viabilidad de proyectos de eficiencia energética, energías renovables y cogeneración, así como para el análisis del rendimiento energético operativo. El mencionado software es libre y su descarga se realiza en <https://nrcan.ets.blob.core.windows.net/ets/RETScreenSuite.exe>. De esta instalación se cuenta con RETScreen 4 que es una herramienta de software de análisis de proyectos de energía limpia basada en Excel y que ayuda a los responsables de la toma de decisiones a determinar de manera rápida y económica la viabilidad técnica y financiera de proyectos potenciales de energía renovable, eficiencia energética y cogeneración. Por otro lado se cuenta también con RETScreen Plus que es una herramienta de software de gestión energética que permite a los responsables de proyectos comprobar con facilidad el desempeño energético de sus instalaciones.

(II) Compose (Opciones de comparación para la Energía Sostenible) es una herramienta de software para el análisis de sistemas de energía y se puede utilizar para el diseño y análisis de coste-efectividad de los proyectos de energía, la comparación de la energía local y en todo el sistema, el medio ambiente y las consecuencias económicas. También se recomienda para comparar proyectos, lo que permite el establecimiento de prioridades entre una gama de alternativas. Por otro lado cuenta con una plataforma social para el intercambio y la comparación de estudios de casos y soluciones. La técnica de modelado es la programación lineal paramétrica para el diseño y evaluación de las opciones de energía dentro de un sistema de conservación.

(III) CO2DB es una base de datos que se distribuye de forma gratuita para los investigadores tomen como referencia en sus estudios. Los usuarios pueden añadir, seleccionar, filtrar, ordenar, y comparar los datos de CO2DB de acuerdo con cualquiera de las características de la tecnología incluidos en cada entrada de la base de datos.

De los tres sistemas analizados se puede concluir que RETScreen es una solución rápida para la planificación en función de la generación de energías renovables y además fácilmente manejable al ser una planilla de cálculo Excel. Compose es una herramienta cuyos modelos se basan en optimización matemática mediante programación lineal. Por último con CO2DB se cuenta con un sistema de base de datos para la obtención de los parámetros de los modelos.

Desde una perspectiva macro, la herramienta de software LEAP (Long Range Energy Alternatives Planning System, en castellano Sistema de Planificación Energética a Largo Plazo) disponible en [www.energycommunity.org/LEAP/](http://www.energycommunity.org/LEAP/), es un sistema de modelación basada en escenarios de desarrollo energético y de sus efectos ambientales, los mismos se representan por el modo de producción, conversión y consumo de energía en una región sobre la base de supuestos alternativos sobre la población, el desarrollo económico, las tecnologías disponibles y los precios. Dichos escenarios son una representación del modo en que el sistema energético puede evolucionar en el tiempo, en un sistema socioeconómico particular, bajo un conjunto de restricciones y condiciones de política energética.

LEAP permite crear un modelo de sistemas de energías con la definición de la estructura de datos y de los procesos propios de cada caso en estudio, por lo cual lo hace flexible y potente a la hora del análisis de una gran variedad de especificaciones tecnológicas y detalles de demandas de uso final, pudiéndose representar desde el simple recuento sobre una estructura de balance energético hasta el desarrollo de sofisticados sistemas de simulación del sector [9]. De la simulación de cada escenario se determina los requerimientos energéticos asociados, sus costos, beneficios e impacto ambiental asociado.

### **4. BUENAS PRÁCTICAS PARA EL USO EFICIENTE DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA.**

Toda actividad organizada para abordar aspectos de consumo energético debe ser vista primero desde la búsqueda de eficiencia energética y segundo desde la incorporación de energías alternativas. Como estrategia metodológica para abordar la implementación de energías alternativas se destaca una guía de buenas prácticas para el uso eficiente de energía en la industria desarrollada por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

Dichas prácticas se basan en dos operaciones fundamentales: (i) identificar los recursos energéticos que utiliza la empresa y (ii) realizar una monitorización de consumo energético y su productividad (relación del consumo con los volúmenes producidos).

La estrategia debe comenzar con el cálculo de los consumos específicos según sea por proceso, área de la empresa, instalación o equipo.

Con estos consumos obtenidos se proponen los siguientes pasos:

Paso 1: Organizar la información de los consumos de energía por criterios tales como: hora, día, semana, mes. Esta información es conveniente automatizarla en planillas de cálculo electrónicas.

Paso 2: Con la información automatizada, ubicar el lugar y el tiempo en que ocurre el mayor consumo de energía. Destacar dichas instancias de tiempo como áreas de oportunidad. Por ejemplo, si su empresa está bajo una tarifa horaria, usted puede encontrar oportunidades de ahorro al analizar la variación horaria del consumo eléctrico en alguno de sus procesos y correlacionarla con la variación diaria del precio de la electricidad.

Paso 3: Identificar niveles de consumo de energía para cada proceso, sistema y/o equipo y presentar las condiciones óptimas de operación.

Paso 4: Comparar los niveles de consumo energéticos con los indicadores óptimos.

Paso 5: Analizar los procesos, área de la empresa, instalación o equipo sobre los cuales se ha encontrado una diferencia significativa en comparación con la situación óptima.

## 5. CASO DE ESTUDIO.

Se presenta un análisis económico de proyectos de implementación de energías alternativas y ahorro de consumo eléctrico en la empresa MASISA, una industria ubicada en el parque industrial de la ciudad de Concordia, Entre Ríos.

MASISA es una empresa integrada cuya actividad principal es la producción de tableros de madera, así como otros productos de madera para usos en las industrias de muebles y arquitectura de interiores en Latinoamérica (<http://www.masisa.com/arg/>).

La mencionada empresa se enfrentó a un alto consumo de combustible fósil, tanto de gas natural como de gas oil. Además la empresa contaba con desechos de madera, los cuales debían ser transportados a un depósito con los correspondientes costos asociados. Por otro lado estos desechos eran aptos para ser utilizados como biomasa para la generación de energía. Es importante destacar que la empresa se propone objetivos de sustentabilidad sobre la base de cuidado del medio ambiente.

En este caso se abordan dos proyectos para la implementación de energías renovables. En el primero se plantea la instalación de un equipo cuyo combustible sea la biomasa, reemplazando el gas natural y su combustible alternativo el gas oil, con el fin de precalentar aceite que es utilizado por la prensa en la línea de producción. El segundo consiste en la optimización de la iluminación de los caminos interiores del predio. Para ello se trabaja en el reemplazo de 120 artefactos de SAP (Sodio Alta Presión) de 250W por luminarias LED de 140 W como medida de eficiencia y luego en la instalación de cuatro equipos de paneles solares inyectados directamente a la red de 5000W cada uno como medida de generación alternativa. De esta manera se busca utilizar dos de las energías renovables mostradas como aptas en nuestra provincia en sección 2.

### 5.1. Proyecto Planta de Energía a biomasa.

En el año 2012 se contaba con un equipo de quema de polvo de madera como biomasa para calentar el aceite del sistema de prensas en la línea uno de producción de tableros de fibra de densidad media (MDF - Medium Density Fibreboard).

Como esta experiencia resultó satisfactoria se decide analizar la instalación de un nuevo equipo con el mismo fin para la segunda línea de producción de MDF, pero que no sólo contemple la quema de polvo sino además corteza y otros residuos de madera con el fin de generar energía pero además reutilizando todos los desechos.

Con la instalación de un nuevo equipo para la línea dos se estima un ahorro de 1.200.000 metros cúbicos de gas natural al año. A esta situación se sumaría la ventaja de no quedar expuestos a cortes de suministro de gas natural y a la necesidad de utilizar gas oil para calefaccionar el aceite. También se evita los costos de transporte y depósito de desechos.

Con base en la premisa anterior se evalúan propuestas y se adquiere un equipo de la empresa nacional Gonella. Dicho equipo es un hogar de piso móvil (**Figura 3**), de grilla escalonada que permite la alimentación de residuos, chips y corteza en su extremo superior, permitiendo su quema controlada. La ubicación del nuevo equipo se realiza en paralelo al de la de la planta de energía uno para aprovechar la alimentación de biomasa (**Figura 4**).



Figura 3 Caldera Gonella





Figura 4 Ubicación de la caldera en MDF2

Con el nuevo equipo se logran los ahorros de combustible estimados y una mejora en los indicadores de ecoeficiencia, que se detallan a continuación: (i) un ahorro de 1.200.000 m<sup>3</sup>/año de gas natural en operaciones normales y un ahorro de 40.000 litros de gas oíl/año en operaciones en fechas de restricción en el consumo de gas natural; (ii) disminución del 9% en el indicador de Energía Fósil más Eléctrica; (iii) disminución del 25% en el indicador de emisiones de CO<sub>2</sub>; (iv) disminución del 50% en los residuos a disposición final que se utilizarían como biomasa combustible.

Con un gasto de manejo de residuos de 14,83 U\$S/t, a 1.200 toneladas por mes y con una disminución del 50% de este valor, resulta un ahorro de U\$S 106.800,00 al año (600 t/mes x 16 U\$S/t x 12 meses).

En cuanto a los consumos de combustibles fósiles, tomando 1,14 U\$S/l de Gas Oíl y 0,33 U\$S/m<sup>3</sup> de gas, resulta un ahorro de U\$S 441.600 al año (1.200.000 m<sup>3</sup> de gas x 0,33 U\$S/m<sup>3</sup> + 40.000 l de gas oíl x 1,14 U\$S/l).

En la Tabla 1 se muestra el flujo de fondos para el análisis económico de la inversión. El costo total de la inversión es de U\$S 800.000,00. Con el nuevo equipo se logra ahorros de consumo de gas natural (U\$S 33.000 /mes, U\$S 396.000 /año), consumo de gas oíl (U\$S 3.800 /mes, U\$S 45.600 /año) y de costo de residuos a disposición final (U\$S 8.900/mes, U\$S 106.800 /año). El período de recuperación desde la puesta en marcha es de dos años, tres meses y quince días.

Tabla 1 Flujo de Fondos equipo Gonella

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ahorro de gas Natural		USD 396,000	USD 396,000	USD 396,000	USD 396,000	USD 396,000
Ahorro de Gas Oil		USD 45,600	USD 45,600	USD 45,600	USD 45,600	USD 45,600
Ahorro en disposición final de residuos		USD 106,800	USD 106,800	USD 106,800	USD 106,800	USD 106,800
Inversión Inicial	USD -800,000					
Costos de Operación		USD -40,000	USD -40,000	USD -40,000	USD -40,000	USD -40,000
Costos de Mantenimiento		USD -160,000	USD -160,000	USD -160,000	USD -160,000	USD -160,000
<b>Flujo Neto</b>	<b>USD -800,000</b>	<b>USD 348,400</b>	<b>USD 348,400</b>	<b>USD 348,400</b>	<b>USD 348,400</b>	<b>USD 348,400</b>
	USD -800,000	USD 313,874	USD 282,769	USD 254,747	USD 229,502	USD 206,758

EL Valor Actual Neto es de U\$S 487.651,00, con una tasa del 11% llamada WACC (Weighted Average Cost of Capital) o CMPC (costo medio ponderado de capital) que es la tasa promedio de endeudamiento de la compañía, teniendo en cuenta que los valores están tomados en dólares, este valor no es considerado bajo, con una TIR del 33%. Por lo cual desde la perspectiva económica se logra rentabilidad. Además, se obtiene un disminución del 25 % en las emisiones de CO<sub>2</sub> y se y del 9 % en consumo de combustible fósil y energía eléctrica.

## 5.2. Proyecto Planta de energía solar e iluminación perimetral.

En este proyecto se aborda el análisis de factibilidad para la implementación de estaciones fotovoltaicas para la alimentación de las luminarias de los caminos interiores del predio.

En la actualidad se cuenta con 120 artefactos de SAP (Sodio Alta Presión) de 250W los cuales tienen un consumo de 30.000W. Como primera medida se propone el cambio por luminarias LED de 140W lo cual reduce su consumo a 16.800W. Luego se evalúa la instalación de cuatro equipos

de paneles solares inyectados a la red de 5000W y no por equipos con bancos de baterías ya que su costo de mantenimiento es elevado debido a la escasa vida útil de las baterías. De esta manera se genera energía eléctrica durante el día y se consume en las horas nocturnas, generando así una compensación en la matriz energética.

Se espera con esta inversión un ahorro en consumo eléctrico de 13.200W debido a los cambios de artefactos de iluminación y un aporte a la red de 18.000W por las estaciones solares.

### 5.2.1. Características técnicas de las luminarias LED.

Ante la necesidad de contar con soluciones sustentables se ha trabajado en el desarrollo de luminarias con tecnología led para iluminación vial. PHILIPS - Greenvision (XCEED-BRP372 M1 64LED – 140W) incorpora una nueva generación de plataforma led para alto rendimiento lumínico en Lm/W y con un significativo ahorro energético de más del 50% con relación a lámparas de descarga de sodio, aptas para iluminación en autopistas, rutas, avenidas, calles, espacios urbanos playones de maniobras, etc. (Figura 5)



Figura 5 PHILIPS – Greenvision 140 W

### 5.2.2. Características técnicas de paneles solares.

El Kit ENERTIK inversor con conexión a red trifásico GI-5000-TL3 cuenta con 20 unidades de paneles solares PS-250W y un adaptador wifi-GI. El inversor posee un controlador de carga con MPPT, es un dispositivo electrónico que regula la carga de las baterías, controlando el punto en el que los paneles solares empleados para la carga producen la mayor cantidad de energía eléctrica. MPPT significa Seguidor de Punto de Máxima Potencia por sus siglas en inglés (Maximum Power Point Tracker).

La potencia de un panel solar se mide en Watts. La potencia es el producto la tensión (Volts) por la corriente (Amperes): Volts x Amperes = Watts.

Este tipo de controladores de carga con MPPT buscan el balance entre tensión y corriente, en el que los paneles solares operan a su máxima potencia.

El equipo inversor posee protecciones contracorrientes, contra sobrecargas, alta o baja tensión de entrada y sobretemperaturas.

### 5.2.3. Evaluación económica.

En la **Tabla 2** se presenta la descripción del equipamiento a instalar y el recupero de materiales existentes a reciclar y su correspondiente en costo, los cuales suman para los nuevos y restan para los reutilizables. El costo total de la inversión es de 1.637.347,60 pesos (109.156, 51 U\$S).

Tabla 2 Descripción de equipos y sus costos

Instalación de 4 KIT ENERGÍA SOLAR 5000W y 120 luminarias LED 140W				
Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Inversor con conexión a Red - Trifásico - GI-5000-TL3 – ENERTIK	4	\$53.430,00	\$213.720,00
2	Panel Solar PS 250-250W – ENERTIK	80	\$5.616,13	\$449.290,40
3	Conector MC4	4	\$166,10	\$664,40
4	Adaptador GI-WIFI	4	\$2.056,80	\$8.227,20
5	Artefacto - Iluminación Vial con Leds - PHILIPS - Greenvision - XCEED - BRP372 L1 64 LED141 CW-H	120	\$9.941,94	\$1.193.032,80
6	Material recuperado - Artefacto STRAND JC 250	120	-\$1.537,53	-\$184.503,60
7	Material recuperado - Lámpara sodio alta presión PHILIPS SON/SONT PIA 250W	120	-\$103,39	-\$12.406,80
8	Equipo completo para Lámpara SAP	120	-\$255,65	-\$30.678,00

	recuperado PHILIPS			
	<b>Precio TOTAL PESOS</b>			<b>\$1.637.346,40</b>

MASISA es una empresa que compra energía como gran usuario mayorista (GUMA) del mercado eléctrico mayorista (MEM) y está compuesto de varias facturaciones, por un lado la de CAMESA (Comisión Administradora del Mercado Eléctrico Mayorista), la más importante, y por otro se paga el peaje a ENERSA (Energía de Entre Ríos SA) según la Res.1281/6 a generadores por transporte de energía. Ésta tiene un costo final de MW/h (Mega watts hora) oscilante durante el año, 90 U\$\$ en invierno y de 75 U\$\$ en verano. Por lo tanto adoptamos para el cálculo de nuestro proyecto un promedio de estas cifras de 82 U\$\$ el MW/h.

La **Tabla 3** representa los valores actuales en dólares del consumo eléctrico del alumbrado perimetral y el consumo que tendrían los nuevos artefactos instalados.

La potencia de cada artefacto SAP es de 250 W, lo que suma en 120 luminarias una potencia de 30 kW (0,03 MW) instalados, la potencia de las luminarias leds a instalar es de 140 W cada una, en 120 artefactos se tendrá un consumo total de 16,8 kW (0,0168 MW). Se adoptó un promedio de 12 horas de uso por día y 360 días laborables anuales. El importe final es el producto entre la potencia que consumen (P.T. [MW]), el precio de la energía (U\$\$/MWh), la cantidad de horas de uso diario en 360 días del año. Entonces el importe correspondiente al consumo eléctrico actual es de 10.692 U\$\$ al año y se espera con la instalación de las nuevas luminarias un consumo sea de 5.987,52 U\$\$ al año.

Por lo tanto se obtendrá un ahorro de 4.704, 48 U\$\$ al año, proveniente de la diferencia entre consumos de energía de los artefactos SAP (sodio alta presión) y Led.

Tabla 3 Consumo eléctrico en la iluminación del predio

<b>Consumo eléctrico actual [W] y U\$\$ por AÑO</b>						
<b>Cantidad</b>	<b>Tipo</b>	<b>P. U. [W]</b>	<b>P. T. [MW]</b>	<b>U\$\$/MWh</b>	<b>cantidad h/día</b>	<b>U\$\$ total al año</b>
120	Artefactos SAP	250	0,03	82,5	12 x 360 días	10.692,00
120	Artefacto LED	140	0,0168	82,5	12 x 360 días	5.987,52

La **Tabla 4** se muestra el aporte a la red eléctrica de cada uno de los paneles solares a instalar, donde se ahorrará 1.603, 80 U\$\$ al año en consumo eléctrico. Cada equipo representa una potencia instalada de 5000 W, que trabajando a un 90% aportaría a la red 4500 W (0,0045 MW) y en un promedio de 12 horas por día durante el año.

El ahorro total de los 4 equipos solares a instalar es de 6.415,2 U\$\$ al año.

Tabla 4 Generación eléctrica de los paneles

<b>Aporte a la red de cada kit solar de 5000W al año</b>					
<b>Potencia Entregada [W]</b>	<b>90% de pot. Entregada [W]</b>	<b>Potencia entregada en MWh</b>	<b>U\$\$ / MWh</b>	<b>cantidad h / día</b>	<b>U\$\$ total aportados a la Red durante el año</b>
5000	4500	0,0045	82,5	12 x 360 días	1.603,80

Por lo tanto con la instalación de los cuatro kit de paneles solares y el cambio de las 120 luminarias del predio se espera un ahorro de 11.119, 68 U\$\$ al año. El costo total de la inversión es de 109.156, 51 U\$\$.

Tabla 5 Flujo de fondos

	<b>AÑO 0</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>	<b>AÑO 6</b>	<b>AÑO 7</b>	<b>AÑO 8</b>	<b>AÑO 9</b>	<b>AÑO 10</b>
Ahorro energía eléctrica		4.704,48	4.704,48	4.704,48	4.704,48	4.704,48	4.704,48	4.704,48	4.704,48	4.704,48	4.704,48
Aporte a la Red Eléctrica		6.415,20	6.415,20	6.415,20	6.415,20	6.415,20	6.415,20	6.415,20	6.415,20	6.415,20	6.415,20
Inversión Inicial	-109.156,51										
<b>FLUJO NETO</b>	<b>-109.156,51</b>	<b>11.119,68</b>	<b>11.119,68</b>	<b>11.119,68</b>	<b>11.119,68</b>	<b>11.119,68</b>	<b>11.119,68</b>	<b>11.119,68</b>	<b>11.119,68</b>	<b>11.119,68</b>	<b>11.119,68</b>



Como se aprecia en la Tabla 5, se logra el recupero de la inversión en diez años, tiempo que representa la mitad de la vida útil de los equipamientos. Si bien la inversión requiere un tiempo de recuperación importante, la implementación del proyecto se fundamenta desde una visión del desarrollo sustentable y cuidado de medio ambiente, objetivo que la empresa se propone. El costo de inversión para este tipo de energías es muy elevado, por lo cual se espera que con el avance de la tecnología y que con su implementación en mayor escala bajen sus precios.

## **6. CONCLUSIONES.**

De la evaluación de los dos proyectos se concluye que el de generación por biomasa es rentable debido a que la empresa cuenta con los residuos utilizados como combustible. En cuanto a la alternativa solar se consigue una solución que impacta más en indicadores de ecoeficiencia que en los económicos.

La implementación de estas soluciones están sujetas a la disponibilidad de recursos naturales de la región y sobre todo al estímulo desde los gobiernos con la articulación de políticas que las apoyen.

Para alcanzar un desarrollo sostenible a escala global se necesita un uso responsable de los recursos, tecnología, incentivos económicos y planificación de medidas estratégicas locales y nacionales, para lo cual se requiere un control continuo de los impactos de determinadas políticas y estrategias, a fin de comprobar el desarrollo sostenible.

La mejor manera de cuidar el medio ambiente es no consumir energía eléctrica, es decir fomentar el ahorro de energía.

## 7. REFERENCIAS.

- [1] Energizar. [http://www.energizar.org.ar/energizar\\_desarrollo\\_tecnologico.html](http://www.energizar.org.ar/energizar_desarrollo_tecnologico.html). Último acceso 29 de septiembre de 2016.
- [2] Secretaría de Energía de la Provincia de Entre Ríos. <https://www.entrerios.gov.ar/secretariadeenergia>. Último acceso 29 de septiembre de 2016.
- [3] Balances Energéticos, Ministerio de Energía y Minería. <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>. Último acceso 29 de septiembre de 2016.
- [4] Organismo Internacional de Energía Atómica. (2008). Indicadores Energéticos del Desarrollo sostenible: Directrices y Metodologías. Editorial del OIEA, Austria.
- [5] Liao, Q; Zhao, Z. (2012). "Economic analysis on China's industry development policy of new energy". *World Automation Congress (WAC)*.
- [6] Nunes, L.J.R.; Matias J.C.O.; Catalão J.P.S. (2013). "Economic evaluation and experimental setup of biomass energy as sustainable alternative for textile industry". *Power Engineering Conference*.
- [7] Visor SIG de la Secretaría de Energía de la Nación. <http://sig.se.gov.ar/visor/visorsig.php?t=6>. Último acceso 29 de septiembre de 2016.
- [8] Ministerio de Planificación Federal. Estudio de prefactibilidad para la utilización de residuos derivados de la industria arrocerá y de la forestoindustria en la generación de energía eléctrica, para la provincia de Entre Ríos, 2008.
- [9] LEAP, User Guide. (2003). SEI-Boston, Tellus Institute, Boston MA, USA.

### Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Mg. Ing. Fabio Dri por su asesoramiento.