



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

## ESTRATEGIAS DE SUSTENTABILIDAD PARA PROYECTOS DE ENERGÍAS RENOVABLES EN SAN JUAN. PRIMERA ETAPA: PLANTAS FOTOVOLTAICAS

Rodríguez, José Luis <sup>\*1</sup>, Marino, Javier <sup>2</sup>, Guerrero, Mario <sup>3</sup> y Giménez, Ana María<sup>4</sup>

<sup>\*1</sup> Instituto de Mecánica Aplicada – Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de San Juan  
Av. Lib. San Martín 1109 (O) San Juan, Argentina  
correo-e: jlrodri@unsj.edu.ar.

<sup>1,2,3,4</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan

.....

### RESUMEN

La metodología factible de desarrollar propuestas es medir la huella de carbono del KW producido como unidad energética de distintas fuentes.

Como antecedente se puede mencionar que ya se está implementando con distintas metodologías la medición de huella de carbono de diversos productos y servicios, entre ellos el transporte, como uno de los indicadores ambientales de referencia, siendo utilizado por numerosas empresas de todos los sectores, a nivel mundial.

La huella de carbono es un indicador de sostenibilidad que mide la incidencia sobre el cambio climático de productos o servicios comparables. En este caso, se plantea conocer la huella de carbono, del KW producido por fuentes energéticas renovables, tales como la solar, eólica e hidráulica - en San Juan. En el caso de la implementación con dispositivos no fabricados en el país, debería corroborarse su equivalente desde una base económica del costo de fabricación.

Determinar el CO2 equivalente, a partir de mediciones de gases de efecto invernadero y coeficientes de calentamiento global, requiere la determinación de factores de emisión, teniendo por desafío, conocer todos los procesos de fabricación de los sistemas que se implementarán y equipos en juego, contando con el derecho de confidencialidad de las empresas. Destacando la responsabilidad de estado, dichos cálculos.

**Palabras Clave:** *Sustentabilidad, Carbono, Energías Renovables, Plantas fotovoltaicas.*



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

## 1. INTRODUCCIÓN

El escenario mundial, en materia de generación de energía eléctrica, muestra una necesidad imperiosa de políticas económicas y financieras que permitan a empresas locales, invertir en aplicación y desarrollo de sistemas de generación de energía, basadas en fuentes renovables.

La demanda de energía en países de Latinoamérica, no diferencian el producto energía en función de su fuente, debiendo implementar los gobiernos, medidas de concientización masivas que permitan a la población asociar ventajas competitivas a las fuentes renovables.

Si bien la reacción de las personas a las medidas de concientización, forman parte de un lento proceso, no se ve estimulada la creación de interés por falta de beneficios económicos a corto plazo.

El estado nacional, debe generar el espacio en los mercados, para que empresas con el conocimiento en fuentes de energías renovables, inviertan y apliquen tecnologías en nuestro país, apuntando a la masificación del producto por medio de beneficios económicos, a partir de la implementación de políticas que estimulen el ingreso de dichas tecnologías al mercado y su competitividad con las predominantes.

La creación del nuevo mercado, requiere del apoyo financiero estatal para cubrir la incertidumbre por parte de las empresas, ante el desconocimiento del comportamiento esperado de la demanda.

La captación de capitales privados ayudará a implementar medidas de expansión, siempre y cuando, se aseguren tasas de retornos anuales superiores al 25%.

### 1.1 Análisis de la demanda

La demanda de energía eléctrica de Argentina, presenta un incremento promedio del 6 a 8% anual, asociado al crecimiento demográfico, compuesto de usuarios residenciales por el 29%, industrial el 45% y comerciales el 26%.

En Argentina, para incrementar la generación, conforme el incremento de la demanda, deberían instalarse 1.000 KW / año.

Mientras mayor el recurso energético disponible, mejores las condiciones para las industrias electro intensivas, conduciendo a desarrollar sectores complementarios, tales como el minero.



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

La matriz energética de nuestro país [1], posee en la actualidad, un aporte energético inferior al 1%, proveniente de fuentes renovables, siendo el objetivo, incrementar la dicha cifra al 5%, para el 2015, alcanzando a cubrir el 18% del incremento esperado.

La cobertura del suministro de energía eléctrica en Argentina, es del 94%, destacando que el 28% de la población rural carece del servicio. Actualmente, se implementan planes de inversiones gubernamentales para llevar energía por medio de fuentes renovables a las zonas rurales (PERMER).

Existen dos mercados diferentes, uno de ellos para suministro eléctrico a zonas aisladas de baja demanda y el otro destinado a zonas de elevado potencial asociado al recurso utilizable, con demandas locales reducidas y escenarios promisorios para la exportación de energía, a otras

## 2.1 Análisis de la oferta

El recurso energético, formula un escenario comercial inagotable, para tecnologías que producen a bajo costo o están subsidiadas, reduciendo el precio del producto y desplazando a las tecnologías menos eficientes. Actualmente el 59% de la capacidad instalada en Argentina, corresponde a centrales térmicas, en crisis constante por los precios y oferta fluctuante de combustible, con un horizonte de reserva estimado en 30 años.

La reserva limitada de gas en Argentina, recibe constantes inversiones en explotación y transporte, siendo las reservas superiores al periodo de amortización de las centrales TG, esperando que en los próximos 15 años, el costo anual por amortización se incremente monótonamente, hasta hacer inviables las inversiones en este tipo de tecnologías para el suministro de energía eléctrica.

La ventaja competitiva que presenta las tecnologías de generación térmica, se manifiesta en la celeridad con que se construyen los emprendimientos, quedando subordinados a los tiempos propios de las obras de provisión de combustible, resolviendo generalmente, por instalaciones ubicadas junto a refinerías y demás instalaciones que les aseguren una provisión segura de combustible.

El mercado energético en Argentina, presenta alta sensibilidad a las señales económicas, dado que el 75% de la generación, pertenece a empresas privadas, sumado la participación del sector industrial en la matriz de consumos, con el 45%. El sector industrial, frente a las carencias de



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

energía y la falta de confiabilidad del suministro, optan en más del 20%, por invertir en fuentes propias de generación, las cuales operan en el 24% de los casos como cogeneradores de energía eléctrica.

Los bonos verdes, dejaron de ser un estímulo promisorio en la actualidad para las fuentes renovables, dado que la falta de cumplimiento por parte de los países que firmaron el protocolo, no cumplieron con las inversiones prometidas, retrayendo la cotización de bonos en bolsa.

La mayor restricción de las fuentes renovables para su participación en el mercado eléctrico argentino, lo representa la cobertura insuficiente del Sistema Interconectado Nacional, siendo uno de los objetivos más importantes para el Plan Federal de Transporte de Energía Eléctrica.

El acceso a fuentes de financiación subsidiadas para la generación con fuentes renovables y el estímulo al desarrollo de la industria local en materia producción de equipos de generación, con aporte de empresas extranjeras experimentadas captadas por tasas de retorno aceptables, son los detonadores de un mercado latente con altísimo potencial económico.

### **3.1 Análisis financiero**

Entre los beneficios económicos derivados de la generación fotovoltaica, los bonos, dejaron de influir en la ecuación económica.

El periodo de recupero, se vería reducido frente a la captación de subsidios del estado, representando un retorno adicional del 5,3% anual sobre el monto de la inversión, comparado con una central térmica.

### **4.1 Análisis económico**

Dado que los incrementos de la demanda de energía eléctrica supera los aumentos de capacidad instalada, resulta inevitable el refuerzo de las inversiones por parte del gobierno nacional en materia de energía, no solo para captar productores sino también para mantener a los actuales.

La ventaja de nuestro sistema de generación, radica en el elevado porcentaje de generadores pertenecientes a capitales privados, tornando al mercado altamente sensible a las señales económicas.

La implementación de planes energéticos locales, son un atractivo financiero para capitales que buscan sustentabilidad de las inversiones y tasas de retorno aceptables en el tiempo, que los



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

liberen de la necesidad de una continua rotación del capital en mercados inestables, que les retorne un beneficio extraordinario.

## 5.1 Método de clasificación de los proyectos de explotación con energías renovables y su sustentabilidad

El objetivo principal, es iniciar el desarrollo de una herramienta que cuantifique la capacidad de un proyecto para producir retornos de capital suficientes para formar parte de un grupo de inversores de alto rendimiento financiero en el sector energético, permitiendo expandir su capacidad operativa con fuentes propias de financiación.

El desafío consiste en cuantificar aquellos aspectos cualitativos que no se reflejan de forma directa en la economía nacional en el corto plazo. Se busca determinar y medir los aspectos que nos harían ver a un emprendimiento determinado como el componente fundamental para la creación de un nuevo polo productivo, formando parte de la planificación a largo plazo de la economía de una región.

El índice de ponderación IP, mide la importancia del emprendimiento, se calcula por medio de la ecuación (1).

El acceso a la energía, no es el único componente necesario para la producción de bienes y servicios, debiendo evaluar los recursos, tanto naturales como humanos disponibles agrupados en el término FP de la ecuación (1). En caso de no ser suficientes los medios complementarios a la energía y dada la existencia de un potencial solar alto, estaríamos frente a un emprendimiento configurado para la exportación de la energía eléctrica, pasando a evaluar el término AT de la ecuación (1). Se destaca la potencialidad de los proyectos planeados en zonas cuyo factor de nodo es mayor a 1, indicando la importación de energía desde el nodo Ezeiza, (demanda de energía superior a la producida localmente).

$$IP = FP + AT.Fn \quad (1)$$

Fn: Factor de nodo de la localidad más cercana vinculada al Sistema Argentino de Interconexión SADI.

FP: Factor de producción.

AT: Acceso a un sistema de transporte de energía eléctrica.



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

Los términos de la ecuación (1), FP y AT, se calculan con las ecuaciones (2) y (3).

$$FP = \frac{C+M+O}{100} + L + \frac{G \cdot N \cdot (H \cdot K)}{100K} + J \cdot (I+B) \quad (2)$$

donde:

B: Relación entre la energía generada por otras fuentes de energía existentes y rentables (demostrado) y la energía que se pretende generar con el proyecto propuesto.

C: Porcentaje de la materia prima provista localmente.

G: Demanda insatisfecha del productos a producir, certificada mediante compromisos de compra de terceros, al precio de mercado establecido en base a una referencia tangible (validez de la certificación, 5 años). Se tendrá en consideración para el estudio del mercado del producto, la determinación de la elasticidad precio de la demanda del mercado perteneciente al producto a fabricarse y /o producirse en la zona del emplazamiento energético, para el periodo de vida útil del parque eólico a proyectar, expresado por medio del VAN.

H: Incremento en el volumen de ventas local por la influencia del proyecto energético, expresado por medio del VAN, para un periodo igual al de vida útil del emprendimiento energético, el volumen del incremento en % no debe ser mayor que G.

I: Relación entre la energía que se pretende instalar y la demanda, comprobada.

J: Rendimiento productivo del emprendimiento energético, calculado como la relación entre la energía nominal que podría generar y la que se espera que genere en el lugar previsto para el emprendimiento energético.

K: Precio del emprendimiento VAN, para un periodo igual al de la vida útil.

L: Relación entre el patrimonio comprobado de la empresa solicitante, colocado en garantía del monto solicitado para la construcción del emprendimiento y el monto de obra estimado. La evaluación fiscal de los bienes puestos en garantía, tomarán un valor máximo igual al determinado por el precio del emprendimiento energético propuesto.

M: Porcentaje de la población afectado al incremento productivo local, comprobado.



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

N: porcentaje de la inversión que afronta el privado que propone la construcción del emprendimiento eólico.

O: Tasa de retorno comprobada de otros emprendimientos de iguales características técnicas en zonas de igual potencial productivo y cobertura eléctrica.

$$AT = \frac{(1+P).(1+R)}{10.(Q+S)} \quad (3)$$

Donde:

P: Porcentaje de energía consumida localmente que proveniente del SADI.

Q: Relación entre el precio de las obras necesarias para vincular el emprendimiento energético propuesto al sistema de transporte público de energía eléctrica con capacidad suficiente y el precio del emprendimiento energético propuesto.

R: Relación entre la energía importada país y la producida localmente.

S: Relación entre la energía que se espera invertir en pérdidas del sistema de transporte, considerando como destino final del flujo de carga el nodo Ezeiza y la energía proveniente del emprendimiento energético que se espera transportar.

El IP, ecuación (1), resultante de cada evaluación, ordenaría los proyectos en una tabla, sirviendo como referente para la asignación de préstamos por parte del estado, a los emprendimientos de mayor puntaje.

Se sugiere evaluar el comportamiento de las ecuaciones y su correspondencia con la política de inversiones adoptada.

Para empresas que pudieran percibir ayuda financiera por parte del estado, se propone la auditoria periódica por parte del mismo, verificando el cumplimiento a proveedores y clientes del negocio. El estado sería socio de la empresa beneficiaria del préstamo hasta que la misma logre devolver completamente el dinero al estado.

Finalizado el periodo de retorno del capital al estado, la empresa podría solicitar una ampliación a la planta construida, debiendo recalculer el IP.



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

El objetivo de la metodología planteada, consiste en que las empresas interesadas en invertir en el sector energético, vean retornos extraordinarios, asegurados por medio de exenciones impositivas, captación de bonos verdes, tasas de interés diferenciales, subsidios y demás mecanismos de ayuda por parte del estado. Asegurando la reinversión en proyectos que hayan accedido a ser evaluados.

Se espera que la implementación de esta metodología estimule la exploración de nuevas cuencas energéticas y promueva el desarrollo de localidades alejadas con alto potencial de recursos naturales renovables.

### 3. CONCLUSIONES

El sector energético basado en los recursos renovables, requiere mecanismos estatales que aseguren rentabilidades extraordinarias, por encima de las percibidas en emprendimientos convencionales no renovables.

Los estudios de sensibilidad de la oferta, nos indica que políticas de inversiones y apoyo como el propuesto, estimulará el Desarrollo tecnológico local, producirá mayor mano de obra en la construcción de emprendimientos energéticos y líneas de transmisión.

La tendencia del mercado, marcando un alto grado de sustentabilidad, muestra un aumento de la demanda de energía con precios monótonamente crecientes y costos de producción con tendencia en baja, requiriendo celeridad en las acciones de posicionamiento en el mercado.

### REFERENCIAS

- [1] Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México, 1997.
- [2] Las Fuentes Renovables de Energía y el Uso Eficiente. Opciones de Política Energética Sustentable. LOM Ediciones