



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

CENTRAL ELECTRICA ESCUELA – IMPLEMENTACIÓN

Ing. Marcelo Ávila¹, Ing. Gustavo Ludueña¹, Ing. Daniel Colón¹, Ing. Isabel Ferraris¹, Msc. Carlos Labriola¹

¹ Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ingeniería, Centro de Estudios de FER.
Buenos aires 1400 (8300) Neuquén.
carloslabriola54@yahoo.com.ar

RESUMEN

En el inicio de esta década se concibió la idea de materializar una Central Eléctrica Escuela mediante dispositivos generadores de electricidad a partir de Energía Renovable en el ámbito de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue (FIUNCo). Se formalizó esta propuesta mediante el proyecto PID FAIN 4/160 y luego su continuación a partir del 2014. Durante la primera etapa 2010-2013 se realizó la generación de conocimiento en tres líneas de trabajo: estudio de los recursos renovables en la FIUNCo, diseño y disponibilidad de convertidores energéticos, organización Holística del proyecto. Se definieron como los mejores recursos renovables, el eólico, la biomasa y el hidráulico. Se dejó para más adelante por tema de costos el Solar. Como convertidores se diseñaron una turbina eólica Darrieus-Troposkien de eje vertical, una turbina hidráulica Turgo y sistemas de combustible de biodiesel a partir de lípidos de microalgas. La organización Holística ha permitido realizar tareas multidisciplinarias e interdisciplinarias entre las cátedras de las carreras de Ing. Mecánica, Ing. Electrónica e Ing. Eléctrica. Estas tareas implicaron, trabajos finales de asignaturas, tesis de grado y tesis de postgrado con temas afines al proyecto incluso el cálculo de CO₂ evitado por MDL. Además las tareas no técnicas de gestión de equipamiento y lugares de instalación de los mismos incluidos en el Plan Maestro edificio de la UNCo, pudieron realizarse gracias a dicha organización. A partir del 2014 se comienza la etapa de implementación de la Central mediante la instalación y operación del equipamiento disponible de generación. En primera instancia se instalarán prototipos de turbina Turgo de 5kW y eólica Darrieus de 5kW en despacho complementario, o sea cuando no hay viento se genera hidráulicamente, ambas en un valor de 5kw como generación de base. Se alimentará la iluminación del parqueizado exterior inicialmente hasta tomar experiencia en la operación y despacho de generación. Están en desarrollo una turbina de 150kW Darrieus- Troposkien y un sistema de generación multi-combustible para biogas y biodiesel de 150/300kW. Se estima que estarán disponibles para el 2016.

Palabras Clave: Energía Renovable, Eólica, microhidráulica, microalgas, biogas.



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

La Región Comahue, en particular la Provincia del Neuquén, dispone de todas las fuentes de energía renovable excepto la mareomotriz. Fue pionera en la aplicación e instalación a nivel Provincial de algunas fuentes como la geotérmica (1983), y la fotovoltaica (1985) [1]. La ciudad de Neuquén dispone de recursos eólico, hidráulico, de la biomasa y solar. En particular la Universidad Nacional del Comahue (UNCo) en Neuquén Capital, dispone de energía eólica, biomasa y solar en forma directa. En forma indirecta a través de un bombeo previo se dispone de un reservorio de agua para riego el cual permitiría turbinar el agua de salida generando electricidad. La Energía Solar en primavera-verano tiene una Radiación similar a la Puna, pero en Enero la UNCo está de receso y la actividad de diciembre y febrero es sin clases lo que disminuye mucho la demanda.

Es así que se ha dispuesto inicialmente usar la disponibilidad Eólica, mediante una turbina de Eje Vertical Darrieus-Troposkien cuyo diseño esta adaptado a las ráfagas de viento local (120km) de tal manera de seguir generando con limitación de potencia hasta 35m/s [2], lo que le dará, junto con un mantenimiento proactivo, una disponibilidad $\geq 95\%$. Esta turbina permite realizar trabajos prácticos de las asignaturas Energía Renovable y Medio Ambiente, a cargo del MSc. Labriola e Ingeniería del Viento, a cargo del Dr. Lassig. Para el caso de lo Hidráulico se usará una turbina Turgo, ya sea en uso con flujo libre como confinado, lo que permite aplicaciones de ensayos para trabajos prácticos en la Asignatura Microcentrales Hidráulicas, a cargo del Ing. Marchegiani. Respecto de la Biomasa, se había pensado utilizar aceite usado de comedores y restaurantes cercanos, pero por ordenanza municipal se le entregan a una empresa para producción de biodiesel y además el comedor universitario no utiliza aceite sino grasa para las frituras. Por ello se decidió a partir del 2011 comenzar una línea de trabajo en la producción de biodiesel, en la forma menos impactante con el medio ambiente y con los precios de alimentos. Esta forma es a partir de la generación de lípidos producidos por microalgas los cuales se transesterifican para la obtención de biodiesel [3]. En Tabla 1 se resumen las características y ventajas de la tecnología elegida y disponible por ahora, para la Central Eléctrica Escuela (CEE) a partir de Fuentes de Energía Renovable.

Tabla N° 1: características y ventajas de la tecnología elegida y disponible para CEE

Dispositivo Convertor	Parámetros característicos	Estado y Ventajas
Turbina Eólica de eje vertical darrieus Troposkien	Potencia Nominal: 5kW Altura: 3m V. de arranque: 2m/s – V. Nominal: 5m/s Velocidad límite: 30m/s Generador: Imanes permanentes Convertor: CA/CC/CA de estado sólido	En instalación Es omnidireccional y no tiene problemas de cambio de dirección del viento durante la ráfaga [1]. Necesita poco costo de instalación con máquinas de elevación ya que las partes pesadas están a nivel de piso.
	Potencia Nominal: 150kW Altura: 30m V. de arranque: 2m/s. V. Nominal: 7m/s Velocidad límite: 30m/s Generador: Imanes permanentes Convertor: CA/CC/CA de estado sólido	Diseño de rotor para soportar ráfagas de hasta 30m/s. En construcción
Turbina Turgo	Potencia Nominal: 5kW Diámetro del rotor: 20cm Material del rotor: Crilon Generador asincrónico trifásico	Se usará como turbina de acción o reacción. turbinará agua cuando no se dispone de viento, de tal manera de disponer siempre un módulo de 5kW de generación de base.
Biomasa: sistema de Biodiesel	A partir de engorde de microalgas de cloaca	Producen aceite mas de 100 veces por Ha que las oleaginosas. Usan CO2 de una fuente térmica y lo fijan.



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

2. DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA ELEGIDA

En general toda la tecnología que se ha desarrollado mediante RRHH de los alumnos realizando proyectos finales para aprobación de asignaturas, proyectos finales de tesis de grado y tesis de postgrado. Los recursos económicos para la construcción e implementación de los dispositivos han sido subsidios provenientes de la UNCo [4], y de Nación: PICTO 2010 [5] y Voluntariados Universitarios 2011, y 2012.

La turbina Eólica Darrieus-Troposkien, fue diseñada a partir de los resultados obtenidos en un modelo ensayado en el LACLYFA de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) (ver Figura 1, izquierda), lo que permitió obtener un prototipo de 3m de altura y 5kW (Ver Figura 1, derecha) de potencia nominal con una velocidad nominal de 7m/s. Esta Turbina irá instalada en la barda lindante al norte de los edificios de la FIUNCo en Neuquén capital (Ver Figura 3). Ésta es a su vez modelo de la turbina de 150kW, cuyo financiamiento será a partir de Nación y asociación con empresas locales.



Figura 1: Modelo de Turbina Darrieus Troposkien ensayado en la UNLP (izquierda) [5] - Prototipo de Turbina Darrieus Troposkien de 5kW (derecha) [6].

El sistema de control esta conformado por:

- Sistema de medición de variables meteorológicas: va en torre cercana a la turbina a la altura del centro del rotor, en lugar a una distancia no menor de 5 diámetros hacia el lado de vientos energéticamente relevantes y predominantes.
- Sistema de sensores en la turbina y generador
- Sistema de Conversión CA-CC-CA – Regulador de V- Baterías cercano a la carga
- Sistema de adquisición de datos y control, en sala cercana a la turbina.

Un esquema de este sistema se puede apreciar en Figura N° 2.



IV CAIM 2014

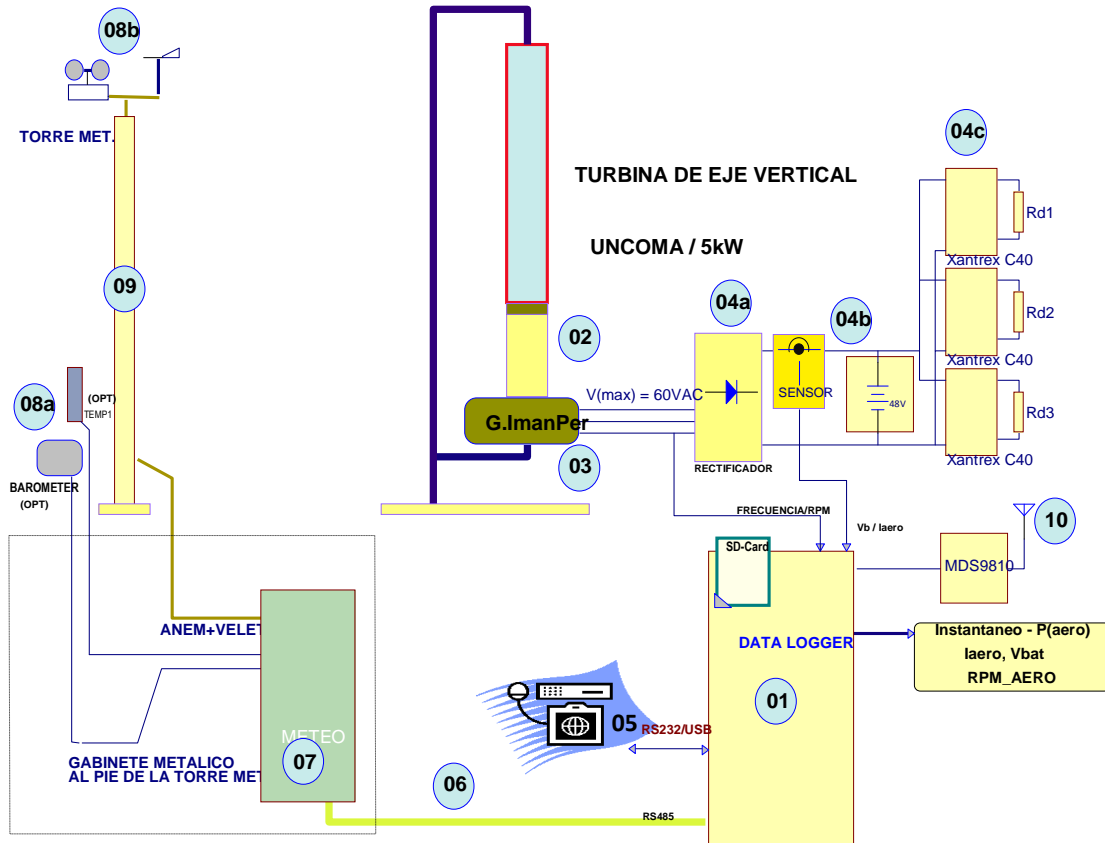
Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



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

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI



Detalle de partes:

- 01: Adquisidor de datos con comunicación a pantalla de estados.
- 02: Rotor Darrieus (esquema, vista del plano del aspa).
- 03: Generador de Imanes permanentes con salida y derivación de datos a (01).
- 04a: Conversión CA de f variable a CC.
- 04b: regulador de carga y baterías con derivación de datos a (01).
- 04c: regulador de carga constante, para mantener la tensión de salida.
- 05: Guarda de datos en disco duro.
- 06: acceso de información meteorológica a (01).
- 07: Estación meteorológica.
- 08a: Medición de presión y temperatura atmosféricas.
- 08b: Medición de velocidad y dirección de viento con anemómetro a copelas.
- 09: Torre cercana de medición meteorológica a la altura del centro del rotor de la turbina
- 10: Conexión para supervisión y operación remota.

Figura 2: Sistema de control en desarrollo para Turbina Eólica



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

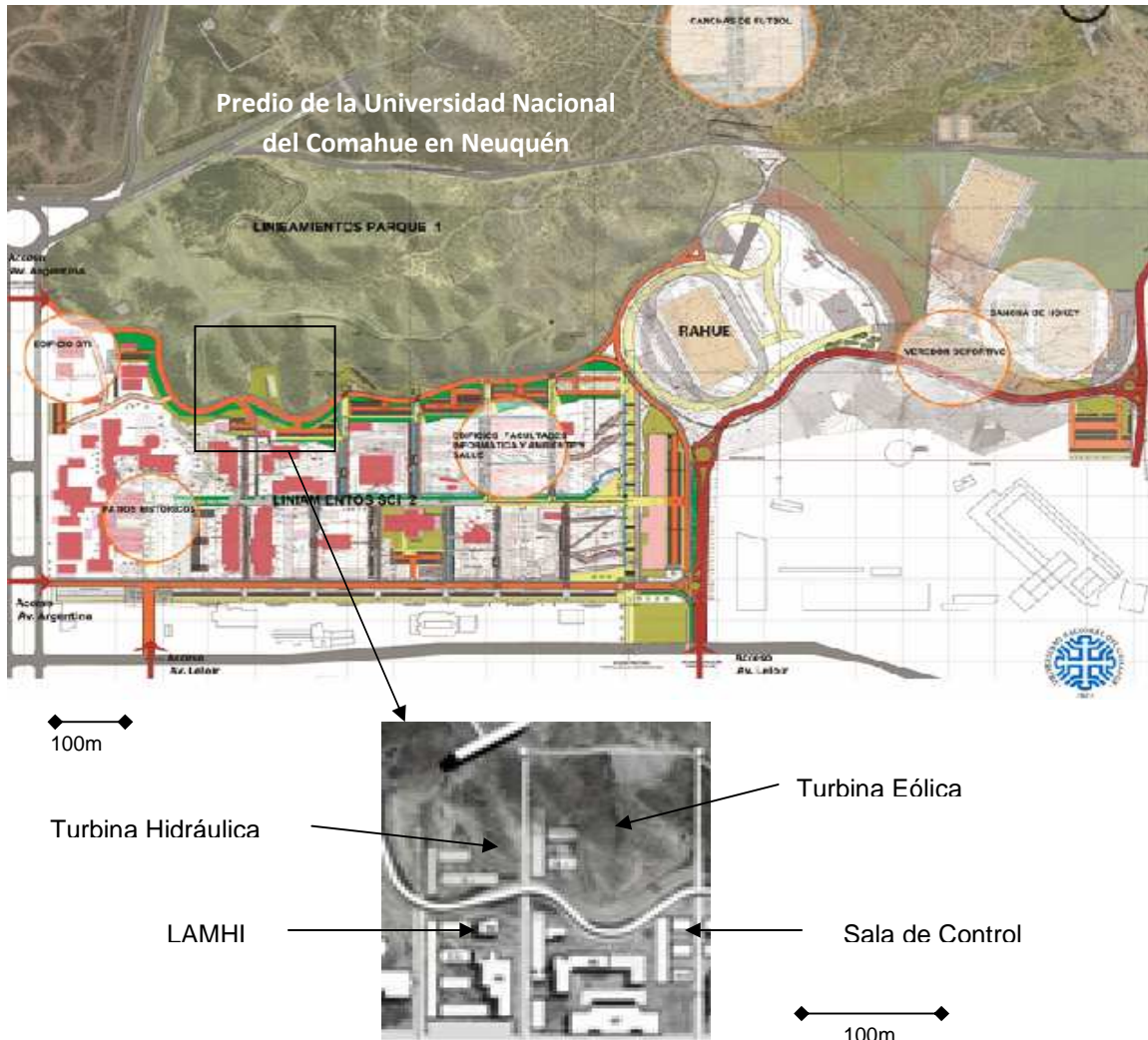


Figura 3: Plan Maestro Edificio de la UNCo (color)- detalle de ubicación en barda de turbina hidráulica Turgo y de turbina eólica Darrieus-Troposkien (blanco y negro)

Para el caso de generación Micro-hidráulica, se dispone de una turbina Turgo (ubicación en Figura 3), desarrollada en la FIUNCo en el Laboratorio de Máquinas Hidráulicas (LAMHI) mediante trabajos prácticos de los alumnos y financiada por concurso de proyectos del Ente Provincial de Energía del Neuquén (EPEN) (Figura 4). Además de la ventaja de poder reemplazar a una Banki como turbina de flujo libre, o a una Kaplan de geometría fija, posee la particularidad de que su rotor es simple y puede fabricarse con inyección plástica o hasta en una herrería con chapa forjada y estampada. Esto permite una fácil instalación y mantenimiento. Se la ubicará en filo de barda cercano al LAMHI, que posee un desnivel con el reservorio de agua de unos 15m su salida va al sistema de riego (Ver Figura 3). Las Turbinas Eólicas y Micro-hidráulica se han ubicado según la planificación de edificios del Plan Maestro edilicio de la UNCo, el cual integra los lugares de Instalaciones Tecnológicas con la edificación y flora natural del lugar.



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

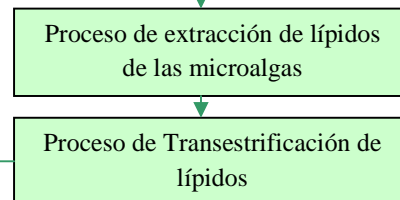
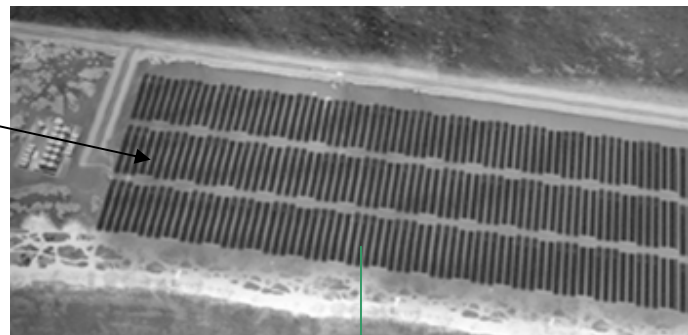


Figura 4: Turbina Turgo desarrollada con EPEN y detalle de las cucharas

En el caso de las microalgas se prevee la necesidad de 1Ha de superficie para el cultivo de las algas, recordando que las microalgas producen 100 veces mas (promedio) de lípidos por hectárea que las oleaginosas tradicionales. Estas serán cultivadas en bolsas especiales plásticas, sometidas a luz solar y artificial si es necesario y serán alimentadas con soluciones de nitratos, etc. con burbujeo de CO₂ de los escapes de los Grupos Electrónicos que utilizan el biodiesel Ver Fig. 5.



Figura 5: microalgas (microfotografía arriba) en recintos plásticos [7], [8].



3. ESTUDIO DE LA DEMANDA

3.1 Proyección de la Demanda:

El estudio de la demanda parte de un relevamiento realizado para una Tesis de Grado de optimización de la instalación [1] y análisis de Uso Racional de Energía. A partir de allí se estableció una tasa de crecimiento de la demanda del orden el 5% anual.



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 potencia instalada parte de generación eólica-hidráulica con un módulo de 5kW cada una, con despacho de generación de base alimentando la demanda de iluminación perimetral. Una vez obtenida la experiencia en la operación y mantenimiento en lo que respecta a su organización, generación de RRHH y ejecución de tareas, ingresará mas generación eólica mediante una Turbina Darrieus de 150kW nominales (135kW efectivos) de 30m de altura, al lado de la existente. En el corto plazo, las instalaciones anteriores se integrarán con un grupo electrógeno multi-combustible de 150kW (Año 1-Tabla 2). Al mediano plazo se comenzará a completar el suministro a la demanda con dos grupos electrógenos de 300kW (Años 2, 3 y 4 – de Tabla 2), hasta establecer un sistema de cogeneración de 1,165 MW para una demanda de 1,35MW [9].

Tabla 2: Potencia y Energía según Fuente Energética para la CEE

Potencia y energía de la CEE		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Demanda Pico (kW)		400	600	1000	1350
Generación suministrada a demanda pico (kW)		295	535	875	1165
Suministro de Energía (kWh/year)	Microhidráulica	43.800	43.800	43.800	43.800
	Eólica	402.998	435.030	1.165.700	1.567.909
	Biogas	397.902	847.963	1.065.598	1.444.164
	Biodiesel	177.563	222.751	335.817	469.169
Energía comprada a la Cooperativa CALF (kW/year)		29.962	28.795	19.651	26.221
TOTAL					3.525.042

Esta tabla se ha ido modificando desde el inicio de este proyecto en el 2010, ya que al principio se pensaba alimentar sólo la demanda de la FIUNCo. Luego en la medida del conocimiento del proyecto internamente en la UNCO, se planteó la alimentación de todo el asentamiento en Neuquén, e incluso la instalación de una Subestación de MT/BT (33/13,2/0,400KV) de uso didáctico donde se alojaría toda la generación térmica. En estos momentos se está definiendo el lugar a instalar dicha SSEE entre la UNCo, GES y CALF.

3.2 Análisis del CO2 evitado:

Se parte de datos del año 2012 que son los disponibles del CAMMESA a la hora de confección del presente trabajo. Cabe aclarar que las emisiones del sector de generación de energía incluyen fundamentalmente las emisiones de CO2 provenientes de la combustión de hidrocarburos fósiles en las actividades de generación de energía [10], por lo que la generación de energía eléctrica a partir de la energía eólica reduce directamente en una reducción de las emisiones responsables del efecto invernadero.

El cálculo incluido en este documento corresponde a tres modelos de generadores de energía eólicos de baja potencia, cuyas potencias nominales son 1 (unidad de referencia), 5, y 150 kW, según lo manifestado en el despacho eólico en Tabla 2.

3.2.1. Metodología de cálculo de Emisiones

La metodología que se utilizó es la establecida en el Convenio Marco de la Naciones Unidas sobre Cambio Climático como Modalidades y Procedimientos simplificados para las actividades de Proyectos en Pequeña Escala del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) [11].

Según la clasificación establecida en el MDL es posible incluir a los generadores eólicos de baja potencia en la Categoría I.A. – del MDL de pequeña escala (Generación eléctrica para el consumidor) y se seguirá la metodología AMS I.A./Versión 14.

3.2.2. Determinación de la Energía Generada

Para la determinación de la energía generada se parte de cuatro granjas eólicas asociadas a sus respectivos Factores de Utilización y que representan las diversas posibilidades de localización de generación eólica en el territorio del país. Como antecedentes se dispone de los factores 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

utilización de las granjas eólicas que se encuentran en servicio (Tabla 3). Se entiende por factor de Utilización para una central eléctrica, a las Horas de Generación a Potencia Nominal dividido las Horas Totales del Año (8760hs.).

Tabla 3: Granjas eólicas con generación eólica relevante en el Sistema Nacional 2012,[1].

CENTRAL Eólica	ENERGÍA GENERADA año 2012 [GWh]	FACTOR DE UTILIZACIÓN
NECOCHEA - Pcia. de Buenos Aires	0.27	12.4%
ARAUCO- Pcia. de La Rioja	38.45	17.4%
DIADEMA Pcia. de Chubut	28.37	51.4%
RAWSONI ENARSA Pcia. de Chubut	177.02	40.4%
RAWSONII ENARSA Pcia. de Chubut	104.26	39.7%

**Tabla 4: Energía generada por Potencia Nominal y Factor de Utilización
Energía Generada Anual (kWh)**

Turbinas Eólicas - potencia nominal (kW)	FU			
	0.2	0.3	0.4	0.5
1	1792	2688	3584	4480
5	8960	13440	17920	22400
150	268800	403200	537600	672000

3.2.3. Determinación de los Factores de Emisión

El Factor de emisión se calcula como el promedio de dos factores, el Margen aproximado de Operación OM y el Margen de Producción BM y se denomina Margen Combinado.

$$EF_{grid,CM,y} = EF_{grid,OM,y} \times W_{OM} + EF_{grid,BM,y} \times W_{BM} \quad (1)$$

Donde:

- $EF_{grid,CM,y}$: factor de emisión de la línea base en el año.
- W_{OM} es el peso del factor de emisión del margen de operación.
- W_{BM} es el peso del factor de emisión del margen de construcción.

Para proyectos solares y eólicos se deben tomar valores de $W_{OM}=0,75$ y $W_{BM}=0,25$ [12]. Para el total de la generación de energía del país durante el año 2012 el factor de emisión es [13] [14]:

$$EF_{grid,CM,2012} = 0.508 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} \quad (2)$$

Para la generación de energía a partir de Gasoil, el factor de emisión es:

$$EF_{Gasoil 2012} = 0.645 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} \quad (3)$$

3.2.4. Emisiones Evitadas

A partir de la generación anual de energía para cada máquina y además para cada rango de Factor de Utilización se obtienen las mediciones que se evitarían sobre 2 supuestos:

- Caso 1: La máquina eólica reemplazará generación proveniente del Sistema Interconectado Nacional (SIN).
- Caso 2: La máquina eólica reemplazará generación proveniente de generación puramente térmica que utiliza Gasoil como combustible.

A continuación se muestran en Tabla 4 y 5 los casos 1 y 2 respectivamente:



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

Tabla 4: Caso 1

Turbinas Eólicas - potencia nominal (kW)	Emisiones Evitadas kg CO2/año			
	FU			
	0.2	0.3	0.4	0.5
1	909.7	1364.5	1819.3	2274.2
5	4548.3	6822.5	9096.7	11370.9
150	136450,4	204675,6	272900,7	341125,9

Tabla 5: Caso 2

Turbinas Eólicas - potencia nominal (kW)	Emisiones Evitadas kg CO2/año			
	FU			
	0.2	0.3	0.4	0.5
1	1156.3	1734.5	2312.6	2890.8
5	5781.6	8672.4	11563.2	14454.0
150	173448,4	260172,7	346897,0	433621,2

Se han elegido estos dos casos ya que el primero sería representativo de las tn/CO2 que se evitan de emitir de la compra a la distribuidora CALF. La segunda serían las tn/CO2 que se evitan de emitir de la compra del combustible mas caro para generación eléctrica si se alimentara con gasoil potencia instalada de cogeneración mediante grupos electrógenos exclusivamente. Este es el caso de aquellas empresas o instituciones que poseen grupos electrógenos de Co-generación por falta de confiabilidad de la red eléctrica local.

4. ANÁLISIS HOLÍSTICO

Un Holón es un proceso que en sí mismo es un todo y una parte mas del proceso general. No debe entenderse como una parte de algo fragmentada e incompleta, pero es un todo que simultáneamente está incluido dentro de los límites del proceso del cual es parte [15]. El abordaje holístico a un proceso se representa mediante un árbol jerárquico, en el cual los Holones de los altos niveles se representan conceptualmente en forma amplia y compleja pero al la vez con poca precisión en detalles a implementar, como se muestra en la Figura 5. A medida que uno se mueve hacia abajo jerárquicamente, los Holones son mas específicos, menos complejos y de menor contenido conceptual. Este análisis se realiza dinámicamente en el mediano plazo al inicio de cada año evaluando los RRHH, recursos de equipamiento y económicos disponibles, ajustándose el árbol jerárquico de decisiones. También se hace un análisis y síntesis profunda a largo plazo (3 o 4 años) cuando hay que renovar la continuación del proyecto. En esta instancia se hace un reordenamiento de las líneas de trabajo y reasignación de RRHH. Esta herramienta está asociada a la evaluación de riesgo llevada a cabo normalmente por un grupo interdisciplinario de expertos. En nuestro caso son expertos o personas muy comprometidas con el proyecto “embebidas” en su desarrollo y necesidades, los cuales son responsables de llevar a cabo cada disciplina en el proyecto. La utilidad de esta metodología, está dada por la multidisciplinariedad de dicho panel en la búsqueda de solución a cada tarea a realizar anticipándose a las actividades críticas [16].

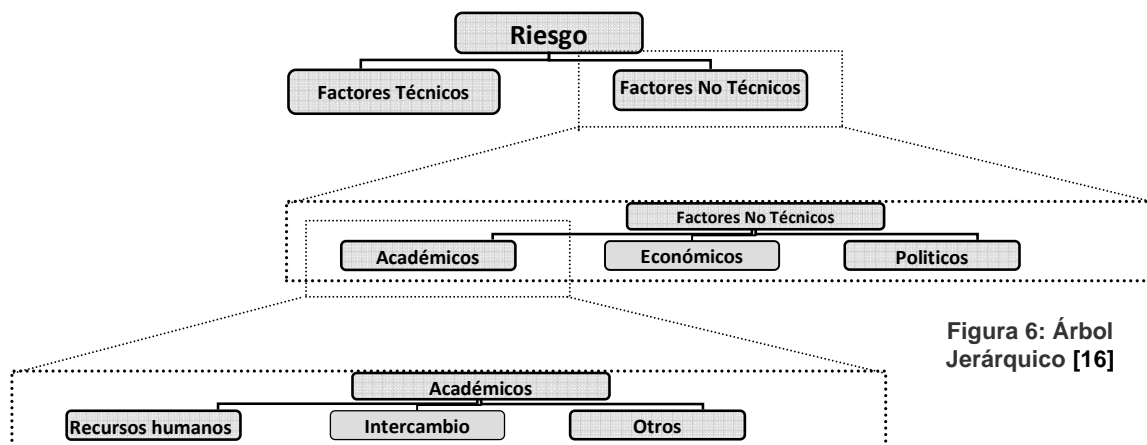


Figura 6: Árbol Jerárquico [16]



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

En el caso de la evaluación de riesgo, éste siempre está asociado a actividades a futuro, en función de las posibilidades de hechos que todavía no han ocurrido. El riesgo es una consecuencia natural de la incertidumbre inherente a todas las actividades humanas. El estudio del riesgo abarca complejos temas; en principio, las tareas multidisciplinarias son muy influenciadas por factores que van de lo técnico, a lo político y llegando a lo social.

En nuestro caso las actividades técnicas están en un marco de normas y metodologías muy claras y establecidas e influidas por (aspectos no técnicos) la disponibilidad de RRHH y de recursos económicos. Los RRHH son relativamente abundantes dada la adhesión de los alumnos a desarrollar trabajos prácticos, proyectos finales de asignaturas, Tesis de Grado o Posgrado en temas asociados al proyecto de la CEE. En definitiva los Aspectos Técnicos asociados a protocolos y herramientas basados en la matemática biunívoca o métodos determinísticos basados en el cálculo de probabilidades, son los que menos incertidumbre poseen. Pero en el caso de los No Técnicos, merecen una consideración especial. Las incertidumbres asociadas a ellos son del tipo epistémico lo cual hace que para su modelado no se puedan utilizar las mismas herramientas que en Aspectos Técnicos. Usualmente se evalúan a partir de opiniones de expertos que se basan en juicios objetivos y subjetivos, estos últimos basados en su experiencia y capacidad profesional.

En este proyecto los expertos son aquellos profesores que por medio de su experiencia académica y en la actividad profesional concibieron la idea del mismo (durante la década del 2000) y han estado en el desarrollo e implementación los últimos 4 años [8].

En esta etapa del proyecto (2014-2017) los aspectos relevantes a ejecutar son:

- Técnicos:
- 1- Implementación e Instalación del equipamiento y conexiones Eléctricas.
 - 2- Desarrollo, implementación e Instalación del sistema de comunicaciones y control de operación y despacho.
 - 3- Seguimiento del proyecto mediante análisis de riesgo con metodología holística.

- No Técnicos:
- 1- Definición final de los lugares de emplazamiento
 - 2- Obtención de documentación formal de inclusión en el Plan Maestro UNCo.
 - 3- Gestión de recursos económicos para instalación y operación de todo el equipamiento.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como este trabajo se realiza en forma evolutiva o sea diseñando e instalando equipamiento de potencia instalada creciente, y antes concretar cada etapa se revisa lo realizado para ver si hay nueva tecnología disponible a incorporar, no sólo realizamos conclusiones sino también recomendaciones a futuro para perfeccionar el proyecto.

5.1. Conclusiones

En los que respecta a la disponibilidad de equipamiento, se está completando la primera etapa con los dispositivos energéticos desarrollados y construidos para comenzar a crear conocimiento en la supervisión, operación y mantenimiento de los mismos. Paralelamente se está desarrollando la Turbina Darrieus de 30m de altura y 150kW a 8m/s. esta turbina está en un rango de potencias que es un nicho no aprovechado por los desarrollos locales para PYMES y poblados aislados como la Línea Sur de Río Negro o el Centro- Norte de Neuquén. Los RRHH desde los alumnos y nóveles profesionales son abundantes y con entusiasmo por la concreción no solo de proyectos novedosos con tecnología propia sino por su utilidad en la aplicación en la Región patagónica.

En los que respecta al CO₂ evitado, es notoria la cantidad del mismo si se compara con las 6 tn CO₂/año generadas por habitante según sus consumos energéticos y compra de bienes en la Argentina. Si tomamos un F.U. = 0,3 (datos de generación 1997-2010 de turbina eólica de 400kW de COPELCO, Central C6) para Neuquén para la etapa inicial de generación complementaria eólico-hidráulica, se compensaría lo que generan 1137 personas según el caso 1 ó 1445 según caso 2. O sea que se están compensando las emisiones anuales del personal docente y no docente de 4 de las 6 facultades que integran el emplazamiento de la UNCo en Neuquén.



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

Para la etapa siguiente de implementación de la turbina eólica de 150 kW, se estaría compensando las emisiones de 34112 personas para el caso 1 o 43362 personas para el caso 2 o sea el equivalente aproximadamente a las emisiones de los habitantes de la ciudad de Zapala.

5.2. Recomendaciones

La renovación de tecnología es constante y esto se da casi naturalmente ya que obliga a Profesores/Investigadores a estar actualizados por la avidez de conocimientos de los alumnos. Pero los recursos económicos y administrativos No Técnicos son un cuello de botella para proyectos ambiciosos como este.

Las recomendaciones son promover la expansión del proyecto en su instalación local y en replicación del mismo en otros lugares mediante proyectos de financiación Nacional (FONARSEC, PDTR, P.M.Belgrano, etc.)

Para llegar a la eficiencia deseada para conformar estas propuestas es necesario disponer de RRHH administrativos eficientes y entrenados los cuales son difíciles de conseguir en la UNCo.

6. REFERENCIAS

- [1] Labriola, Carlos, 2013: "recursos renovables en la República Argentina", seminario discutos para alumnos de Doctorado en el departamento de Ingeniería en Minas de la Universidad de Bolonia, Italia, septiembre 2013.
- [2] Labriola, Carlos, 2000: "Estudio de frenos aerodinámicos para Turbina Darrieus-Troposkien, para la patagonia, Argentina", Tesis de Maestría en Ciencias, Energía Renovable y Medio Ambiente, Universidad de Reading, reino Unido. Diciembre 2000.
- [3] Bagnatto, Carolina, 2013: "UTILIZACIÓN DE EFLUENTES INDUSTRIALES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE MICROALGAS" Autores: Quiroga, D., Montenegro L. S., Labriola C., Bagnato C. y Rosenbaum E.. *HYFUSEN*, 10 al 14 de Junio del 2013, Córdoba.
- [4] Labriola 2010: Proyecto de Investigación FAIN 4/160: "Central Eléctrica Escuela a partir de combustibles renovables combinados", Dir.: MSc. Carlos Labriola, 2010-2013, FIUNCo.
- [5] PICTO, 2010: "DIAGNÓSTICO DEL POTENCIAL ENERGÉTICO EN DOS MICRO REGIONES DE LA PATAGONIA, Y EVALUACIÓN DE TURBINAS EÓLICAS DESARROLLADAS POR UNIVERSIDADES NACIONALES EN AMBOS LUGARES ", Proyecto PICTO CIN II 2010 -0085, Director: Dr. Jorge Lassig, Co-Director: MSc. Ing. Carlos Labriola, 2010-2014.
- [6] Torresín, Mario, 2013: "Construcción de Turbina eólica de 5kW Darrieus Troposkien", Proyecto Final de Carrera del alumno Mario Torresín, del Instituto Tecnológico Patagónico, Neuquén, 2013.
- [7] Barón, 2010: "Desarrollo de planta experimental de biodiesel a partir de microalgas", *Convenio Universidad de Hawai-Universidad de Cuyo*, presentación del Dr. Barón, 2010.
- [8] Palmero, 2010: Equipamiento Electrónico Multi-combustible para generación eléctrica, propuesta de convenio de comodato para generación térmica en la FIUNCo.
- [9] Palavecino, Alejandro, 2013: "Ciclo de vida de una Central Eléctrica Escuela a partir de Combustibles Renovables Combinados – Estimación del CO₂ evitado mediante MDL",



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

autores: Labriola, Carlos V. M. * - Palavecino, Alejandro. *Congreso Internacional de Análisis de Ciclo de Vida (CILCA 2013)*, Mendoza, Abril 2013.

- [10] CAMMESA CO2, 2012: Informe de emisiones de generación eléctrica 2011, Pérez, Santa Fe, 2012.
- [11] MDL, 2002: “Modalidades y procedimientos simplificados para las actividades de proyectos en pequeña escala del mecanismo para un desarrollo de Limpio.”, Anexo II de la decisión 21/CP8 documento FCCC/CP8/2002/7Add.3 Organización de las Naciones Unidas.
- [12] MDL – FE, 2002: Herramienta metodológica: “El factor de emisión para un sistema eléctrico”, aprobada por la *Junta Ejecutiva del Mecanismo para un Desarrollo Limpio* del capítulo “Tool to calculate the emission factor for an electricity system”, Version 02.2.0, ONU, 2002.
- [13] CMNUCC, 2004: “Factor de Emisión por combustible: carbón, diesel, fuel oil y gas natural (tCO₂ por unidad de combustible)”. Datos: *2ª Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.
- [14] CAMMESA, 2012: “Generación de Electricidad (MWh) y tipo de combustible de cada Central Eléctrica conectada a la Red Interconectada nacional”. Informe Anual de Generación, CAMMESA, Pérez, Santa Fe 2012..
- [15] Koestler, “*The Ghost in the Machine*” Edited by Arkana, 1967.
- [16] I. Ferraris, C. Labriola, 2010: “Análisis de Riesgo aplicado a Proyectos de Enseñanza de la Ingeniería”, *Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica (CAIM 2010)*, trabajo E-52, San Juan, Noviembre 2010.

Agradecimientos

Los responsables de este proyecto entre los cuales están los autores de este trabajo queremos agradecer a todos los colegas y alumnos que aportan desinteresadamente ideas, diseño e implementaciones asociadas a la concreción de la CEE en la UNCo.