



FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

**XXII Encuentro Nacional
Universidad Nacional del Morón
28 y 29 de Octubre 2011**

Proceso de enseñanza de ingeniería por medio de una central Eléctrica Escuela a partir de Fuentes de Energía Renovable

Labriola, C.

**¹ Grupo de Energía y Sustentabilidad – Facultad de Ingeniería Universidad Nacional del Comahue
Buenos Aires 1400 – Neuquén (4300)
Tel/Fax: +54-299488305
carloslabriola54@yahoo.com.ar**

RESUMEN

La necesidad de Energía en nuestro país es cada vez mas un tema crítico no solo por el natural incremento del consumo y en particular el de energía eléctrica (4 al 7% anual), sino también por la falta de planificación en la producción de hidrocarburos, generación eléctrica y distribución a los centros de consumo. En particular la zona Comahue entrega el 25% del petróleo, 60% del gas y entre el 35 al 42% de la energía eléctrica la resto del país. En particular el ingreso de generación eléctrica térmica e hidráulica, incluso eólica ha sido relevante en los últimos 15 años ya sea por la magnitud de la potencia instalada como en adelantos técnicos para ser aplicados en el resto del país. En particular el proceso de privatización de las empresas energéticas se desarrolló justo cuando los RRHH en operación y mantenimiento estaban a punto de jubilarse lo que originó, junto con otros factores, un gran recambio de personal y también un déficit de RRHH en las áreas técnicas y de ingeniería. La necesidad de capacitación es actualmente constante no sólo porque el déficit permanece sino también por los avances en la tecnología. Es así que la el grupo de Energía y Sustentabilidad (GES) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Comahue (FIUNCo), junto con otros grupos asesores están implementando una Central Eléctrica Escuela cuya generación se basa en Recursos Renovables poniendo énfasis al criterio de sustentabilidad técnico-económico-ambiental-social para la zona. Esta central no sólo está teniendo un desarrollo tecnológico y de reingeniería adaptado a las necesidades actuales sino que también pretende la generación de RRHH propios, aprendizaje en operación y mantenimiento de los alumnos, y generación de RRHH para las empresas energéticas de la zona, en particular las de generación eléctrica.

Palabras Claves: Riesgo – Ingeniería – Central Eléctrica -Renovable – Escuela.

1. INTRODUCCIÓN

La Región Comahue dispone de la mayoría de las Fuentes de Energía Renovable, que son:

1. **Eólica:** con velocidad media de viento hasta 8m/s en lugares del Interior Neuquino y Centro Oeste de Río Negro.
2. **Solar:** con radiación similar a la de la Puna en Primavera y Verano.
3. **Biomasa:** de la actividad agrícola ganadera e ictícola fluvial y lacustre.
4. **Hidráulica:** a partir de las centrales Convencionales sobre los Ríos Neuquén, Limay y Río Colorado.
5. **Undimotriz:** por la relevancia de las olas producidas en los lagos naturales y artificiales por el viento predominante del oeste.
6. **Geotermia:** a partir de los recursos disponibles en Caviahue-Copahue y Volcán Tromen

Solo no se disponen la **Mareomotriz** o corrientes marinas y la **Energía Convectiva de las Profundidades de los Océanos**.

Como se ha detallado en el resumen la Región Comahue (dos provincias) están entregando al resto del país (21 provincias) globalmente alrededor del 40% de los recursos energéticos necesarios para el desarrollo industrial, comercial, agrícola-ganadero y de confort en las viviendas de los habitantes del país. Se puede referenciar el porcentaje de energía eléctrica al SADI respecto de los datos proporcionados por el CAMMESA para lo que va del año 2011 en la Tabla 1.

DÍAS	HÁBIL		SÁBADO		DOMINGO	
	POT MW	ENE GWh	POT MW	ENE GWh	POT MW	ENE GWh
MÁXIMA	21564	432,8	19761	386,3	19389	363,4
FECHA	01/08/11	10/03/11	2/07/11	2/07/11	3/07/11	3/07/11
HORA	20:18	-	20:26	-	21	-
T° MED B.S.As.	5,9 °C	27,7 °C	5,9 °C	5,9 °C	5,7 °C	5,7 °C
SEMANA	N° 26					
	27/06/11 AL 03/07/11					
MÁXIMA	2789,3 GWh					

Tabla 1: Potencias y Energías Máximas registradas en lo que va del 2011.

Así se puede tener en cuenta que entre 7000 a 8000 MW fueron generados el 01/08/11 desde la Región Comahue para suplir la demanda fundamentalmente creada en la Pampa Húmeda.

A partir del año 2009 se propuso en el ámbito del Departamento de Electrotecnia (DE) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue (FIUNCo) delinear el diseño e instalación de una Central Eléctrica Escuela con generación de energía a partir de Combustibles Renovables Combinados (CEECRC). Esta propuesta se materializa en el GES del cual el autor está a cargo. La FIUNCo dispone de equipamiento que fuera donado durante las privatizaciones y que son la base junto con desarrollos propios para la CE. Los desarrollos propios del GES y Grupos asesores constan de:

1. Prototipo de turbinas eólica de eje horizontal de 1 a 5kW, con perfiles de aspas adaptados a los vientos atrafragados (ver Figura 1) y materiales disponibles en la zona Comahue.
2. Prototipo de turbina eólica de eje vertical tipo Darrieus- troposkien de 1 a 5kW, omnidireccional y con frenos aerodinámicos que le otorga a la turbina respuesta extendida a la velocidad de viento y para de arranque.

3. Ambos prototipos son modelos escalables a mayor potencia según las teorías de semejanza aplicando números adimensionales (Reynolds, Froude, etc.).
4. Desarrollo de micro-turbina hidráulica de 1 a 5kW tipo Turgo con capacidad de ser tipo flujo confinado (equivalente a Kaplan de geometría fija) o libre (equivalente a Pelton).
5. Desarrollo de cultivo de bacterias de transformación de Materia Orgánica vegetal y animal (MO) en solución nutriente y cultivo de bacterias acidogénicas y metanogénicas.
6. Biodigestor continuo a partir de residuos de comedores y doméstico para generación de Biogas con salida a deshumidificador y filtrado de gases de ácido sulfhídrico y CO₂.
7. Cultivo de algas oleaginosas para obtención de aceite y producción de biodiesel.
8. Desarrollo de aumento de eficiencia en paneles planos solares mediante apantallamiento y seguidor de la posición del Sol.
9. Evaluación del CO₂ emitido a la atmósfera según Ciclo de Vida del equipamiento.

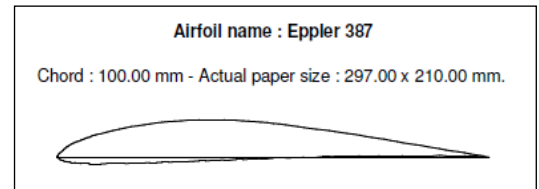


Figura 1: Perfiles delgados de buena sustentación para Turbinas de eje horizontal

Figura 2 Turbina Darrieus Troposkien

El esquema de desarrollo del proyecto es un período de tres años para el diseño y generación de RRHH y otro período de otros 3 años para la instalación. Ambos períodos no son uno a continuación del otro sino que se pueden superponer uno o dos años según las circunstancias. De esta manera se estima que en a lo sumo 5 años se tendrá implementada la generación eléctrica en la FIUNCo para una demanda de alrededor del 70 % de la Facultad de Ingeniería.

1.2 Antecedentes y descripción del proyecto:

Durante la década de los 1980s nació la idea de una Central Eléctrica Escuela tomando como referencia la existente en el Instituto de Energía Eléctrica de la Universidad Federal de Méjico, (IEE), la cual es una central termoeléctrica de 40MW de calderas intercambiables, con la finalidad de desarrollo de materiales especiales para calderas y accesorios, dada la calidad de petróleos sulfurados que se extrae en Méjico [1]. Por otro lado, a partir de las privatizaciones de servicios, las nuevas empresas necesitan mano de obra calificada para la operación de sus centrales hidráulicas y térmicas de la región Comahue. También del 2003 en adelante se comienza a desarrollar una conciencia a nivel nacional de valorización de las FER y el Hidrógeno por la escasez de hidrocarburos en el mercado local. Con esta realidad, las necesidades de las

empresas detectadas por la FIUNCo son diferentes al proyecto mejicano. Por ello algunas cátedras ven la necesidad de concentrar la generación del conocimiento en la operación y mantenimiento de centrales convencionales y de conversores de FER (eólico, solar, biomasa, hidráulica), como parte de los temas de las asignaturas [1].

Es de destacar que ante la crisis presupuestaria de las Universidades declarada en 2008, se desarrolló un estudio de demandas y localización de interconexiones a la red eléctrica de Media Tensión de la UNCo para el análisis de cargas y solicitud de nueva potencia disponible para reducción de costos de energía [3]. Esto permitió disponer de un análisis de la demanda y solicitud de una disponibilidad de potencia mas real al desarrollo de las cargas de la UNCo reduciendo costo de las penalizaciones.

Desde fines del año 2007 se viene trabajando por la concreción del Parque de FER para ensayos de equipamiento, lo cual permitirá poner una potencia instalada inicial de hasta 1KVA que en un año serán hasta 5kVA. Se agregaría a largo plazo 1kW fotovoltaico [2]. Por otro lado la generación térmica-eólica a instalar por Depto. de Electrotecnia estará inicialmente desde 5kVA hasta 50kVA (mediano plazo) y otros 50kVA en largo plazo

Las demandas del edificio de la FIUNCo se pueden apreciar en las Figuras 2 y 3. La primera indica el gráfico de evolución del pico de potencia máximo registrado frente a la potencia contratada, y el segundo la evolución de la demanda en kWh.

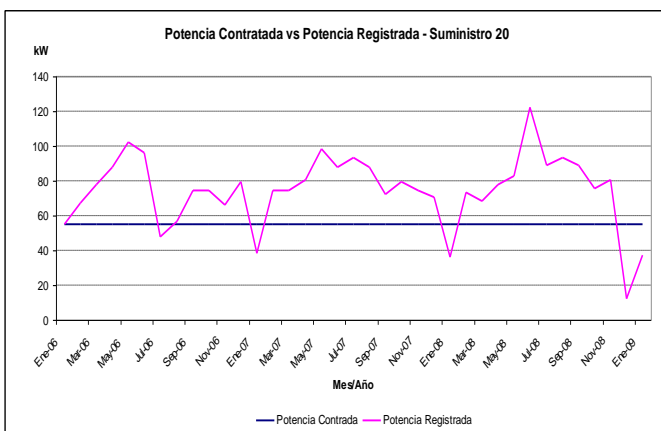


Figura 2: P. max. y P. contr. vs tiempo [3].

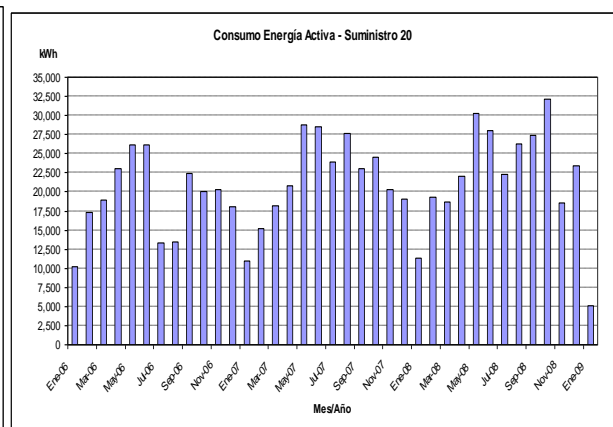


Figura 3: Energía consumida 2006-2009 [3].

En la Figura 2 se puede observar un pico de demanda de 120kW, frente a una potencia máxima declarada de 55kW. En Figura 4 se puede observar una demanda máxima de 32.000kWh que dividido por las horas del mes nos daría una potencia necesaria de 42kW. En la Tabla 2 se aprecia el crecimiento de la demanda estimada en la FIUNCo (11,2% promedio anual y según crecimiento edilicio) y la generación a instalar en el tiempo, destacándose los ítems de cada caso que son Demanda Máxima Estimada, Generación Disponible que se irá incorporando según el plazo, y el % de Generación sobre Demanda máxima.

Tabla 2: Demanda y generación de la FIUNCo

Caso	Procedencia	Período de instalación estimado		
		1º Año	2º Año	3º Año
Carga Acumulada (kW)	FIUNCo Max.	120	135	150
Generación disponible (kW)	PEFER	5		1
	DE	5	50	50
	Total Acumulado	10	60	110
% Gen./Dem.		8,3%	44,4%	73,3%

2. DESARROLLO

El Proyecto de la CEECRC representa un tema muy novedoso en el ámbito Universitario de nuestro país ya que este tipo de temas siempre se esperó que las empresas energéticas lo realizaran. La riqueza de generación de conocimiento en tecnologías y técnicas de Ingeniería, como así también de procedimientos y órdenes de servicio de operación son de relevancia para el ámbito académico en su relación con el medio tecnológico en el cual trabajan las empresas del mercado electromecánico de generación eléctrica. A partir del punto anterior y las etapas a futuro se plantea la ejecución de este proyecto a partir de los aspectos o factores de Tabla 3.

Tabla 3: Aspectos o Factores analizados.

Aspecto o Factor	Disponible	A futuro
1- Políticos Universitarios	<ul style="list-style-type: none"> Decisión política de instalación del PEFER. Decisión en DE de generación eléctrica con el equipamiento disponible. 	<ul style="list-style-type: none"> Gestión de recursos materiales y económicos para complementar el equipamiento disponible.
2- Técnicos	Disponibilidad de: <ul style="list-style-type: none"> Desarrollo de Turbina Eólica de Eje vertical tipo Darrieus-Troposkien (TEDT) de 5-20kVA [4]. Desarrollo de Miniturbinas hidráulicas de 5-10kVA Generador de CA: 30kVA y de CC: 50KW. Máquinas asincrónicas (cant.: 2) de 20kVA cada una de eje vertical. Generador Estructura para instalación de la central térmica. Trafo. 3x380V/13,2kV . 	Necesidades a futuro de: <ul style="list-style-type: none"> Desarrollo de rotor de TEDT con generación asincrónica de 50kW [4]. Necesidad de motor de combustión interna dual (gas-gasoil) para arrastre de generador 40kVA. Paneles fotovoltaicos de potencia inst. hasta 1kW. Sistema de conversión de CC/CA de hasta 50kW. Control de generación (CAG) combinada (viento, biocombustibles, sol, agua).
3- Económicos	<ul style="list-style-type: none"> Afianzamiento de los grupos de trabajo por servicios y disponibilidad de recursos para el desarrollo de investigación aplicada [5]. 	<ul style="list-style-type: none"> Participación en concursos de financiación de proyectos del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.
4- Académicos y formación Recursos Humanos (FRRHH)	<ul style="list-style-type: none"> Disponibilidad en FIUNCo de trabajo de distintos grupos de investigación en FER y acumulación de Energía. Generación de RRHH académicos, técnicos, y de los alumnos se capacitarán con práctica in situ y generación FER 	<ul style="list-style-type: none"> Intercambio y trabajo en conjunto con otros grupos en el país con temáticas convergentes con el proyecto. Habilitar el sistema de generación combinada como Central Eléctrica Escuela de Generación.

2.2. Consolidación del proyecto:

Para consolidar el proyecto a través de una evaluación mediante referato externo se lo ha sometido no sólo por medio de trabajos a congresos [1], sino también mediante un Proyecto de Investigación y Desarrollo (PID) de Ingeniería Aplicada el cual fue presentado en el ámbito de la FIUNCo [2] y ha sido aprobado en marzo 2010, con alta calificación, con mención a su propuesta innovadora respecto de la enseñanza de la ingeniería en el ámbito nacional.

Las tareas de diseño y factibilidad técnica se comenzaron durante el 2009 como trabajos de alumnos de grado y postgrado, que se detallan en Tabla 4.

Tabla 4: Detalle de proyectos para la Central de Combustibles Renovables Combinados [6].

Tema	Tipo de proyecto	Desarrollo
PROYECTOS INTEGRADORES DE CONCEPTOS PARA APROBAR LA ASIGNATURA		
Sistema de adquisición de datos	Hardware y detectores para adquisición de datos, control y protecciones para CEECRC.	Cátedra "Sistemas controlados por computadora".
Control y supervisión del proceso	Pantallas de control y supervisión del proceso de conversión energética.	Cátedra "Sistemas controlados por computadora".
Sistema de Comunicaciones	Comunicaciones por Fibra óptica, Onda Portadora y FM a sala de control.	Cátedra "Comunicaciones".
Generador de Imanes permanentes	Generadores síncronos de Imanes permanentes en CA.	Cátedra "Máquinas Eléctricas I".
Electrolizador	Factibilidad técnico económica de disponer de electrolizador de 50kW.	Cátedra "Energía renovable y Medio Ambiente".
Generación de Biogas	Factibilidad Técnico económica de uso de biogas mediante desechos orgánicos FIUNCo.	Cátedra "Energía renovable y Medio Ambiente".
Generación de Biodiesel	Análisis del proceso de obtención de Biodiesel mediante colza transgénica australiana.	Cátedra "Energía renovable y Medio Ambiente".
Aspas de Turbina Darrieus	Desarrollo constructivo de aspas para turbina eólica de 5kW – Perfil NACA0024.	Cátedra "Energía renovable y Medio Ambiente".
Energía Solar	Sistema de seguimiento del sol y reflectores para optimizar rendimiento global de paneles planos	Cátedra "Energía renovable y Medio Ambiente".
Regulación de velocidad	Análisis del regulador de velocidad de turbina hidráulica y grupos generadores con motores.	Trabajo Práctico de cátedra "Máquinas Eléctricas I".
Regulación de tensión	Análisis del regulador de tensión para turbina hidráulica y grupos generadores con motores.	Trabajo Práctico de cátedra "Máquinas Eléctricas I".
Protecciones eléctricas	Instalación y verificación de funcionamiento de protecciones de generación.	Trabajo Práctico de cátedra "Máquinas Eléctricas I".
TESIS DE GRADO O POSTGRADO		

Biodiesel	Generación de Biodiesel mediante cultivo de algas	Tesis de grado FIUNCo – Carrera Ing. Química
Control de frenado de Turbina Darrieus	Sistema de control para frenado aerodinámico de turbina Darrieus-Troposkien de 5KW.	Tesis de grado FIUNCo – Carrera Ing. Electrónica.
Análisis Ambiental	Evaluación del CO2 evitado por generación de electricidad en la CEECRC.	Tesis de Maestría en ejecución Por Ing. Alejandro Palavecino.

2.3. Trabajos a Futuro:

Habiendo detallado la propuesta y lo desarrollado hasta el momento se establecen en Tabla 5 las tareas a futuro a realizar tomando el año 2010 como año de iniciación del proyecto en forma integral.

Tabla 5 Detalle de tareas trianuales a realizar para la concreción de la CEECRC

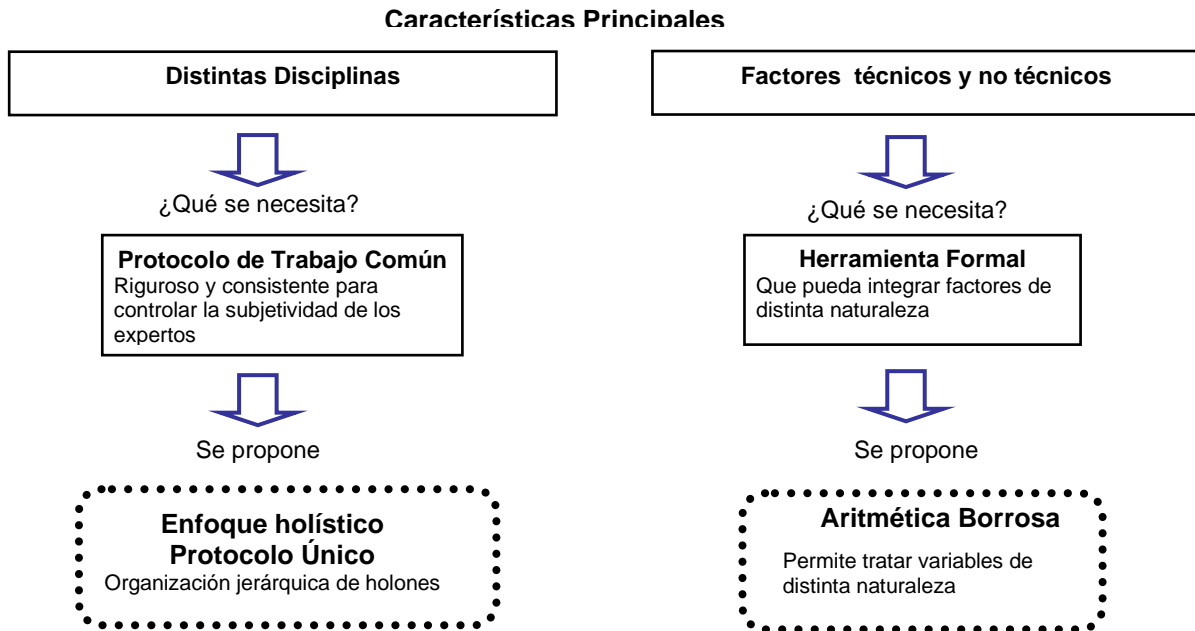
Aspectos	Año1	Año 2	Año 3
1-Política Universitaria	<ul style="list-style-type: none"> • Cercado égido para el PFER. • Definir lugar para generación térmica • Declaración de Interés Académico de proyecto CEECRC por CD de la FIUNCo 	<ul style="list-style-type: none"> • Direccionamiento del presupuesto de gastos de Energía Eléctrica como becas para operación de la CEECRC 	<ul style="list-style-type: none"> • Aprobación de turnos rotativos de operación de CEECRC a modo de becas estudiantes.
2- Técnicos	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniería de detalle de turbina Eólica Darrieus Troposkein 5kW • Ingeniería de Detalle de turbina hidráulica de 5kW • Escalado y diseño de turbina Eólica de Darrieus-Troposkein de 50kW. • Diseño de grupo turbo-generator dual de 50kW de generación síncrona. • Redacción de manuales de operación de Turbina Eólica y Turbia Hidráulica. • Redacción de Manuales de operación de Grupos generadores térmicos. • Diseño de tablero de conexión y transferencia de energía a la red de la FIUNCo • Diseño de hardware del sistema informático de control y supervisión. • Organización de los turnos de instalación de equipos con certificación de tareas a los alumnos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de tablero de transferencia • Construcción e instalación de Turbina Darrieus-Troposkein 5kW. • Construcción e instalación de Turbina Darrieus-Troposkein 5kW. • Diseño de grupo turbo-generator dual de CC de 50kW • Instalación de grupo turbo-generator dual de 50kW de generación síncrona. • Instalación del sistema de comunicaciones FO-FM-OP. • Instalación del sistema informático de control y supervisión. • Organización de los turnos rotativos de operación y supervisión de la generación de la CEECRC. • Evaluación de CO2 evitado [7]. 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de grupo turbo-generator dual de CC de 50kW. • Redacción de las Órdenes de servicio y calidad para la operación de la CEECRC. • Ensayos de los sistemas electromecánicos de ICEECRC • Inicio de operación de la CEECRC • Análisis de fallasy determinación de equipos críticos para aplicación de mantenimientos tipo RCM y TPM.
3- Económicos	Adquisición por compra o donación de: <ul style="list-style-type: none"> • Motor dual de 70HP por compra o donación. • Armadura de bases, columnas, chapas y perimetral de galón para central térmica. • Rotores de miniturbinas hidráulicas. • Materiales para rotores de turbinas Darrieus • Equipamiento informático y de comunicaciones • Materiales de arriostamiento, multiplicador y accesorios mecánicos para Turbina Darrieus de 5kW. • Material conductor y aislante para rotor de Máq. de CC. 	Adquisición por compra o donación de: <ul style="list-style-type: none"> • Motor dual de 70HP por compra o donación. • Tablero de transferencia. • Materiales conductores de interconexión eléctrica. • Contratación de MdeO de instalación de canalización y cableado de interconexión. • Contratación de MdeO para instalación de SET Bt/MT demostrativa. • Materiales de arriostamiento y accesorios mecánicos para Turbina Darrieus de 50kW. 	Adquisición por compra o donación de: <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de control de tensión. • Sistemas de control de velocidad. • Paneles Fotovoltaicos de 1kW de potencia instalada. • Sistema de control de arranque y frenado de turbina Darrieus de 50kW. • Sist. Conversión CC/CA de 50kVA.
4- Académicos y FRRHH	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo didáctico de la operación de la CEECRC [8]. • Ídem procedimientos mantenimiento [9]. 	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación de trabajos sobre el diseño final de la CEECRC 	<ul style="list-style-type: none"> • Propuesta: creación del Instituto de Estudios de FER

4. PROPUESTA

Dado que las cuestiones técnicas están reguladas por normas y códigos, los resultados de un diseño acorde con las mismas, Estarán según las reglas del arte para esas tecnologías. Pero por otro lado las cuestiones no técnicas no tienen esa característica de previsibilidad de resultados, por ello este trabajo focalizará la atención en la evaluación de los factores no técnicos. La evaluación de los llamados técnicos se realiza siguiendo los procedimientos usuales en ingeniería. El apartado 2 de Tabla 5 detalla los factores

relevantes de este tipo tenidos en cuenta, la evaluación de los mismos realizada al presente y a realizar en el futuro. A modo de síntesis de lo expresado en el apartado 3 de Tabla 5 respecto de los factores no técnicos, la Figura 4 muestra el punto de partida, características del modelo necesario para evaluar estos factores y la propuesta de este trabajo.

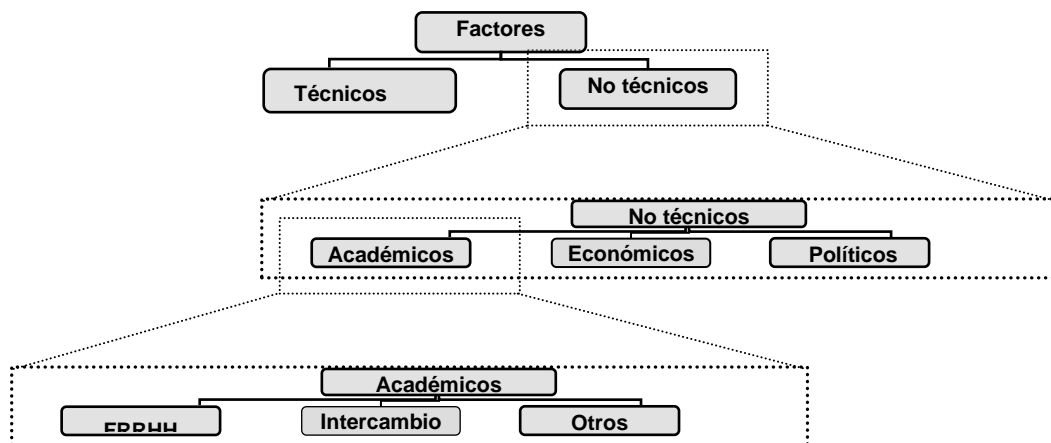
Figura 4: Síntesis de la Propuesta



4.1 Enfoque holístico

Para representar la multidisciplinariedad se propone un enfoque basado en una perspectiva holística. Esta constituye un marco de pensamiento que permite capturar la complejidad de un problema. La idea tiene origen en la biología y en la actualidad se usa para indicar idea de totalidad. El concepto de holón es fundamental en esta concepción [13]. Un holón es un proceso que es un todo en sí mismo y al mismo tiempo es parte de un proceso más general. No debe entenderse que una parte es algo fragmentado o incompleto sino que en sí mismo es un “todo” que al mismo tiempo compone un proceso más amplio del cual es una parte. [14]. La concepción holística está representada aquí por un árbol jerárquico en el que los niveles superiores representan los holones conceptualmente más amplios y complejos, que al mismo tiempo son los menos precisos. A medida que se desciende en la jerarquía, los holones son más específicos, menos complejos y con menor contenido conceptual. La Figura 5 muestra el concepto de estructura jerárquica holística

Figura 5. Árbol Jerárquico Holístico



4.2 Herramienta Formal

En cada disciplina abarcada por el proyecto, habría un experto responsable de ejecutar tareas y sus problemas asociados. Los expertos convocados de cada disciplina tienen dos tareas principales:

1. Definir el árbol jerárquico, es decir determinar la "ley del proceso" de su propia disciplina. Esto implica la elección de los factores relevantes, su orden de jerarquía y las *interacciones* entre elementos de un mismo nivel y las *influencias* entre los elementos de los niveles entre sí (de abajo hacia arriba)
2. Evaluar el riesgo de la tarea, asignando los valores iniciales de los factores del nivel más bajo, que en general está basado en evidencia objetiva.

La evaluación del riesgo se puede realizar desde varias formas, en particular se ha usado la formulación mediante lógica borrosa. En definitiva la idea central es poder detectar posibles problemas, dónde se producen y poder intervenir para prevenir situaciones críticas. **El objetivo principal no es encontrar un valor del riesgo sino contribuir a la toma de decisiones**

5. METODOLOGÍA DE TRABAJO

El proceso de evaluación del riesgo, lo realizará un grupo multidisciplinario de expertos. En este caso se trata de los docentes y personal del grupo de trabajo de la Facultad de Ingeniería de la UNCo, que además de sus probados conocimientos técnicos, tienen experiencia propia sobre la realidad de la vida universitaria, con sus características particulares en términos académicos, políticos y presupuestarios. Son convocados y coordinados por el director del proyecto, considerándose a este como la persona que tiene conocimiento del funcionamiento general de la tarea a realizar, además de los demás factores no técnicos comentados. Estos factores, que en muchos casos son aquellos de los que depende la concreción de los proyectos, también son incorporados por los expertos a la evaluación planteada.

Los actores y las actividades que cada uno realiza son:

Expertos: conocen y tienen experiencia probada en la disciplina en la que asesoran.

1. Participan del armado, ajuste y definición del árbol jerárquico general (Riesgo).
2. Elaboran el árbol jerárquico para evaluar los tópicos referidos a su especialidad (variables, ubicación jerárquica, interacciones e influencias). Recolectan y clasifican evidencias tendientes a justificar el valor que asignan.
3. Valoran mediante las etiquetas presentadas en el apartado anterior, el estado de las variables con su incertidumbre asociada.
4. Diseñan acciones a seguir de acuerdo al valor que alcancen las variables a monitorear.
5. Calibran junto al coordinador la estructura jerárquica.

Coordinador: en este caso el director, quien conoce bien el proyecto y su contexto.

1. Presenta el esquema jerárquico inicial.
2. Coordina el armado, ajuste y definición del árbol jerárquico general (Riesgo) definitivo
3. Asesora a los expertos en cuanto al procedimiento a utilizar en la valoración de cada disciplina.
4. Provee las etiquetas (de su interacción y comunicación con los expertos surgirá la uniformidad del proceso).
5. Interpreta los valores obtenidos por cada experto mediante el algoritmo programado.
6. Coteja con cada experto estos valores.
7. Ajusta y calibra el procedimiento

Una vez definido el árbol jerárquico, el proceso de cálculo (realizado por el coordinador) comienza en el nivel más bajo, donde se carga el sistema. El experto asigna valores a las variables utilizando las etiquetas que asocian adjetivos (alto, mediano, bajo, etc.) a una escala numérica.

Si hubiera alguna desviación inicial, esta se va transmitiendo en forma ascendente a través de todo el proceso de cálculo.

Es conveniente calibrar parcial o totalmente el árbol jerárquico, a fin de detectar o verificar situaciones que pueden no ajustarse a la realidad. Esta operación se puede realizar tomando valores límites o característicos que establezcan bordes al problema y que sean de aceptación general. Estas serían parte de las hipótesis de partida con las que se construyó el árbol jerárquico.

También, se puede establecer un control "nivel a nivel", para salvar, solucionar o atenuar posibles resultados parciales no coincidentes con la realidad.

El valor obtenido del holón **F. No técnicos** mediante la metodología propuesta es válido para el tiempo t para el que fue realizado. Los estados de definición del problema pueden variar con el tiempo, por lo que los valores hallados se deben tomar como instantáneos [11].

La integración de los factores técnicos y no técnicos permite obtener el nivel de riesgo del proyecto. Sin embargo toda la estructura jerárquica es la herramienta que permite visualizar el problema en un todo y al mismo tiempo en cada uno de sus holones. La idea central es poder detectar posibles problemas, dónde se producen y poder intervenir para prevenir situaciones críticas. El objetivo principal no es encontrar un

valor del riesgo sino contar con una herramienta, que en conjunto con otras pueda contribuir a la toma de decisiones.

6. CONCLUSIONES

- - Se ha propuesto el Análisis de Riesgo aplicado a un proyecto en ejecución de una Central Eléctrica Escuela para la enseñanza de la operación, mantenimiento y nuevas tecnologías en generación de energía eléctrica con combustibles combinados renovables.
 - Para lograr la implementación de este proyecto no sólo los recursos tecnológicos y técnicas son necesarios, sino también la generación de RRHH son también relevantes para el proyecto. Todos estos recursos aplicados permitirán obtener a su vez RRHH para las empresas del medio energético en la región y en el país, habiendo participado en la metodología de trabajo propuesta en diferentes formas y grados de responsabilidad.
 - La amplitud en el espectro de decisiones a tomar para la ejecución de este proyecto va desde lo tecnológico pasando por lo académico y hasta llegar a lo político interno de la Institución que lo realiza. Es de destacar la prioridad que las autoridades de la Facultad le están dando al desarrollo de las Fuentes de Energía Renovable priorizando la necesidades de los Grupos de investigación que están en estos temas.
 - Se presenta una metodología de evaluación del riesgo que tiene en cuenta factores técnicos y no técnicos que posibilita la incorporación de información de distintas fuentes, naturaleza y precisión.
 - La subjetividad presente en la evaluación de los factores no técnicos puede ser controlada nivel a nivel permitiendo que se explore cada parte como un todo en sí mismo que integra a su vez procesos de mayor generalidad.
 - El mapa de riesgo que se obtiene, brinda información sobre la evaluación realizada que puede ser útil en la toma de decisiones. Permite detectar problemas y sus causas que pueden orientar en la solución de los mismos.
 - Esta metodología es aplicable no solo a estructuras de RRHH para desarrollo de tecnología y técnicas en la Ingeniería sino también a cualquier otra organización para un fin determinado que no necesariamente sea ingenieril.

4. REFERENCIAS

- [1] C. Labriola, R. Pérez, M. Ávila; "Factibilidad de una Central Eléctrica Escuela de combustibles combinados en Neuquén", *HYFUSEN*, San Juan, Junio 2009.
- [2] C. Labriola (Director); Proyecto de Investigación y Desarrollo FAIN 160: "Central Eléctrica Escuela a partir de Recursos Renovables Combinados". *Grupo G.E.S. de la FIUNCo*. Aprobado en marzo 2010 con alta calificación de evaluadores externos y mención por innovación. Período 2010-1012.
- [3] González, L.; Moya, M.; Tesis de grado: "Estudio de Optimización Técnico-Económica en el uso de la Energía Eléctrica en la FIUNCo" *Departamento de Electrotecnia, Facultad de Ingeniería, UNCo*. 2008-2009.
- [4] C. Labriola; Tesis de Maestría: "Study of Darrieus-Troposkien rotor for gust of wind regime in Patagonia, Argentina", Calificación: A con mérito, *University of Reading, Berkshire, Reino Unido*, 12/2000.
- [5] C. Labriola, J. Lässig, "Taller de Energía renovable y Eficiencia Energética" organizado por Comité de expertos de FIUNCo. *Reunión Nacional tipo Taller de Expertos de Energía Renovable y Eficiencia Energética* para propuestas de proyectos para el Bicentenario de carácter de desarrollo social, industrial y agropecuario. Legislatura de Neuquén, septiembre 2009.
- [6] C. Labriola, R. Pérez, D. Simone, "Articulación vertical y horizontal de asignaturas de las Carreras de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica", *Plan de Mejoras de la FIUNCo – Ing. Eléctrica y Electrónica*, CONEAU 2006.

- [7] C. Aguilera, C. Labriola; "Estimated CO₂ avoided per MW by Wind Energy Installation on Patagonia Argentina, using LCC análisis and Energy Balance", *XI World Renewable Energy Congress*, Glasgow, Escocia, Reino Unido, Julio 2008.
- [8] Labriola, C., Sierra, E.; "Energía rtenovable, un tema para Motivación en la Educación Formal. ASADES, Facultad Regional Buenos Aires, Noviembre 2006.
- [9] Sierra, E., Labriola C., Hosian A., "Hacia un Modelo de Desarrollo Cognitivo del Estudiante en el Área de Conocimiento Tecnológico asociada a la Electricidad, la Electrónica y la Robótica", *ENIDI*, Facultad Regional Mendoza-UTN, Mendoza Noviembre 2009.
- [10] Cardona, O.; "Midiendo lo Inmedible", *6th Open Meeting of the Human Dimensions of Global Environmental Change Research Community*, Universidad de Bonn, 2005
- [11] Bignoli A., Ferraris I., de la Canal M. Daniel, "La Incertidumbre en el Ejercicio Profesional de la Ingeniería", *Ed Alsina*, Buenos Aires, 2003
- [12] Ferraris I., de la Canal M. Daniel; "Vulnerabilidad Del Contexto De Una Obra De Ingeniería: Análisis Y Evaluación Desde Una Perspectiva Holística", *Actas XX Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural*, Mar del Plata, 2006
- [13] Blockley D., Godfrey P.; "Doing It Differently", *Ed. T. Telford*, 2000
- [14] Koestler A.; "The Ghost in the Machine", *Ed. Arkana*, 1967
- [15] Klir G., Yuan B.; "Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Application", *Prentice Hall* 1995.