

Desarrollo de una Central Eléctrica Escuela a partir de Combustibles Renovables Combinados

C. V. M. Labriola, D Toppi, M. Ávila, R. Pérez, C. Casarotto, I. C. Ferraris y A. Palavecino.

Resumen—Durante los últimos dos años se está implementando en el predio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue (FIUNCo) de Neuquén Capital, una Central Eléctrica Escuela (CEECCR) para lograr una alimentación parcial de la Facultad. El equipamiento disponible proviene de donaciones durante la privatización de empresas de energía locales. Éste se complementa con generadores rediseñados de Imanes Permanentes (IP). El desarrollo de la Central parte de diseños propios de turbinas eólicas, minicentrales hidráulicas y el uso de motores de combustión interna alimentados con biodiesel y biogas para mover generadores de IP. Se utilizan diseños realizados en 2010 para generación Eólica e Hidráulicas de 1 a 5kW en proyecto del Voluntariado Universitario y PICTO de Energía Renovable (ER). La generación térmica consta de dos grupos de 40kW c/u. La Central además permitirá: generar conocimiento en la instalación, operación y mantenimiento electromecánico; ofrecer Extensión Universitaria en capacitación de personal a empresas generadoras de la zona ya que Neuquén y Río Negro ofrece al país el 35% de la Potencia Instalada entre Hidráulica y Térmica. Se realiza un análisis de aspectos Técnicos y no técnicos para dar las bases de análisis de riesgo. Se analizan aspectos ambientales estimándose el CO₂ evitado de ceder a la atmósfera por uso de ER.

Index Terms— Biomasa - Central - Combustibles - Eléctrica - Energía -Eólica - Riesgo - Hidráulica- Renovable - Solar.

I. INTRODUCCION

UNA Central Eléctrica Escuela en el ámbito de una Facultad de Ingeniería es algo novedoso sobretodo desde el punto de vista de la generación de conocimiento [1]. En particular se busca poder generar saberes en lo que

C.V.M. Labriola, es docente e investigador, Director del P.I. FAIN 4/160 y responsable del Grupo de Energía y Sustentabilidad, de la FIUNCo. Email: carloslabriola54@yahoo.com.ar.

D.Toppi, es auxiliar de docencia e investigador alumno en el FAIN 4/160 de la FIUNCo. Pertenece a la Cátedra de Máquinas Eléctricas. Trabaja además en Distrocuyo. Email dtoppi@gmail.com

M. Ávila, es auxiliar de docencia e investigador junior en el FAIN 4/160 de la FIUNCo. Está a cargo del laboratorio de Máquinas Eléctricas. Trabaja además en EDERSA. Email marcelo_avilaXX@gmail.com

C. Casarotto, es docente e investigador en el FAIN 4/160 de la FIUNCo. Esta a cargo de la materia Economía de la Energía. Email: cfcasarotto@yahoo.com.

R. Pérez, es docente e Investigador, Co-Director del FAIN 4/160 de la FIUNCo. Trabaja además en EISE S.R.L.. Email rubenperez@speedy.com.ar

I. Ferraris, es docente e investigadora de la FIUNCo y asesora al FAIN 4/160. Esta a cargo de la cátedra de Física I. Email: icferrari@yahoo.com.ar.

A. Palavecino, es maestrando de la Maestría en remediación Ambiental de la FIUNCo, y trabaja en EDRESA, Río Negro. Email: alepalavecino@yahoo.com.ar.

respecta a los procesos de generación, procedimientos de operación y mantenimiento y ensayo y prueba de nuevos equipos y materiales. Para un proyecto de esta envergadura [2] se realizó un análisis inicial de las disponibilidades de RRHH, gestión de decisiones, equipamiento y espacios inmuebles. Se evaluaron las tareas críticas y se construyó un diagrama inicial de Gant y un diagrama de Aspectos Técnicos y no Técnicos para evaluación de actividades críticas. Se obtuvieron los datos de relevamiento de cargas eléctricas y sus alimentaciones de la FIUNCo.

El plan tri-anual está elaborado en función de dos situaciones: desarrollo del proyecto e instalación del equipamiento. El desarrollo del proyecto involucra los tres primeros años a partir del 2010. La Instalación del equipamiento sería en otros tres años, que comienza el tercer año de desarrollo del proyecto (2012). Los primeros tres años de Desarrollo del Proyecto dependen de las estrategias de Gestión y disponibilidad de Recursos Materiales. Los tres años segundos, en la Instalación, dependen principalmente de los recursos económicos y humanos disponibles.

Durante el 2010 y 2011, se están realizando los diseños de turbinas Eólicas Darrieus (TDT) e Hidráulica (TH) basados en las experiencias desarrolladas para el Ente Provincial de Energía del Neuquén (EPEN), Voluntariado Universitario 2010 (para Junín de los Andes) y PICTO 2010 (para Neuquén y Pico Truncado, Santa Cruz). También hay aporte mediante trabajos de los alumnos en sistema de comunicaciones para supervisión y control, Protecciones del sistema eólico e hidráulico, tableros de energización y transferencia, Lay Out de ubicación de equipos, emisiones de CO₂ evitadas, diseño de aspas mediante fibra de vidrio con resinas de refuerzo (FVRR), etc. Respecto de la Gestión, se han solicitado los espacios necesarios para un Campo de Ensayo de Equipos Conversores de Energía Renovable (CEEKER) [3], la sala de la Central Térmica (CT) y los tendidos subterráneos de las interconexiones.

II. DESARROLLO DEL PROYECTO

Se comenzó con un análisis de disponibilidades y necesidades (fortalezas y debilidades) para luego definir las tareas críticas y estrategias de trabajo.

A. Análisis de disponibilidades y necesidades

Este análisis [4] abarcó los aspectos de:

- Políticas Universitarias o de Gestión: Incorporación como meta de gestión universitaria el uso de Fuentes de Energía Renovable (FER) con solicitud de espacios y recursos.

- **Técnicos:** Diseño a nivel de Proyecto Ejecutivo y disponibilidad de equipamiento.
- **Económicos:** Determinación del equipamiento, materiales, etc. a comprar o solicitar.
- **Académicos:** Integración de Grupos de Investigación (GI) que participen en el proyecto y su inserción en la actividad académica. (realización de proyectos parciales asociados a la Central, para asignaturas curriculares, tesis de grado y tesis de postgrado).
- **RRHH:** Determinación de las previsiones de incorporación de personal para el desarrollo del proyecto.

La clasificación de las tareas se puede ver en la Tabla I. Esta clasificación es en forma general y se va adaptando según las tareas realizadas y nos da la base del Gantt a tres años.

TABLA I
TAREAS RELEVANTES DEL PROYECTO A TRES AÑOS SEGÚN ASPECTO DE GESTIÓN, TÉCNICOS, ECONÓMICOS, ACADÉMICOS Y DE RRHH

A S P. P. U.	1º año	2º año	3º año
1- P. U.	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitud de Sector para CPCER. • Solicitud de Espacio para CT. • Creación de Centro de Estudios de FER 	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitud de servicios para CPCER. • Solicitud de espacio p/ ET 13,2/0,38kV didáctica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de RRHH para la operación y mantenimiento de la CEEERC.
2- T E C N I C O S	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño TDT 5kVA. • Diseño MH 5kVA • Ensayos sobre equipos disponibles. • Lay-Out para campo de ER y CT. • Diseño fuente de emergencia fotovoltaica. • Diseño para medir Rec. Renovable 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de TDT 40kVA. • Instalación MH y TDT de 5kVA. • Cría de bacterias para biogas. • Proceso Biodiesel aceite usado cocina. • Instalación de torre medición de Recursos Renov. 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de MH y TDT de 5 kVA. • Instalación de sistema de ductos de conexiones • Instalación de interconexiones de Potencia, comunicaciones y control.
3- E C O N O M I C O S	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitud de motores de 100HP duales. • Solicitud de materiales para bases de edificio de Central térmica. • Solicitud de reparación de equipos disponibles 	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitud de materiales de FVRR para aspas y digestores. • Solicitud de materiales para sistemas multiplicadores de TDT. • Solicitud de conductores para conexionado 	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitud de Paneles Fotovoltaicos. • Solicitud de materiales para sistemas de comunicación, control y supervisión de la central.
4- A C A D E M. I C O S	<ul style="list-style-type: none"> • Convocatoria de GI a participar en el Proyecto. • Conformación de Centro de Estudio de aplicaciones de las FER. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de proyectos de alumnos de grado y postgrado disecionados a temas necesarios de la CEEERC. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de procedimientos de instalación, operación y mantenimiento de la CEEERC.
5- R R H H.	<ul style="list-style-type: none"> • Convocatoria a los alumnos de grado y postgrado a participar en CEEERC. 	<ul style="list-style-type: none"> • Integración de alumnos y docentes en capacitación para la CEEERC. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación RRHH en instalación, operación y mantenimiento.

Dentro de los aspectos técnicos está la estimación de la

demanda, la cual se dispone a partir de un estudio realizado en el 2008 sobre la FIUNCo [6]. Utilizando estos datos se ajusta mediante un crecimiento aproximado del 11% anual y se obtiene una demanda máxima de 120kW la cual se tiene en cuenta para el año 1 de instalación (2012). Los valores de demanda estimada y de generación incorporada a partir del año 1 de instalación están en la Tabla II.

TABLA II
DEMANDA, Y POTENCIA DISPONIBLE A PARTIR DEL AÑO 1 DE INSTALACIÓN [5]

VALORES	Origen	Demanda y Generación incorporada		
		1º Año	2º Año	3º Año
Carga (kW)	FIUNCo	120	135	150
Potencia disponible (kW)	PEFER	5		1
	DE	5	50	50
	Total acum..	10	60	110
% Gener. Dem.		8,3%	44,4%	73,3%

B. Análisis de los factores en la ejecución del proyecto

El análisis de los factores se realizó a partir de una clasificación de los aspectos Técnicos y No Técnicos. La Fig. 2 muestra el inicio del diagrama jerárquico de este análisis.

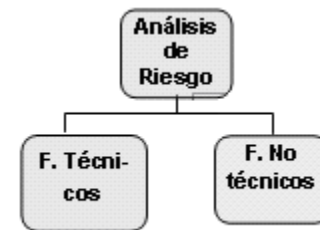


Fig. 1. Inicio del Diagrama Jerárquico del análisis de los factores [4].

Como se puede apreciar, el análisis de los aspectos técnicos presenta una serie de dificultades basadas en la obtención de datos e información para llevar a cabo los proyectos [4]. Los márgenes de incertidumbre son mínimos ya que en instalaciones electromecánicas está todo regulado por procedimientos conocidos y disponibles.

Para el tratamiento de incertidumbres de factores técnicos existen metodologías que permiten alcanzar precisiones importantes. En general se basan en protocolos establecidos y probados y las herramientas formales utilizadas están basadas en la matemática biunívoca (métodos determinísticos o basados en la Teoría de Probabilidades) [7].

Respecto de los Aspectos Técnicos, se tiene la contribución de los siguientes trabajos [8] de alumnos de grado y de postgrado orientados hacia la temática del proyecto según lo detallado en el último párrafo de la introducción:

TABLA III
TRABAJOS DESARROLLADOS Y EN DESARROLLO ASOCIADOS AL PROYECTO

Tipo de trabajo hasta 2011	Grado		Postgrado
	Trabajo Final de asignatura	Trabajo Final de la Carrera	
Cantidad	15	2	1 [9]

C. Análisis de Riesgo de los Aspectos No Técnicos.

La mayor dificultad para la concreción del proyecto son los Aspectos No Técnicos o sea aquellos donde las decisiones humanas son relevantes. El concepto de riesgo siempre está asociado con el “futuro”, con “posibilidades”, con eventos que aún no han sucedido. El riesgo es una consecuencia natural de la incertidumbre y es inherente a todas las actividades humanas. La necesidad de hacer manifiesto el riesgo es fundamental para incidir en las decisiones, para que se le reconozca y se convierta en una preocupación para alguien. Sin su reconocimiento no hay decisión, pero el riesgo es un concepto extraño, representa algo irreal, en tanto que está siempre relacionado con azar, con posibilidad, con algo que aún no ha sucedido.

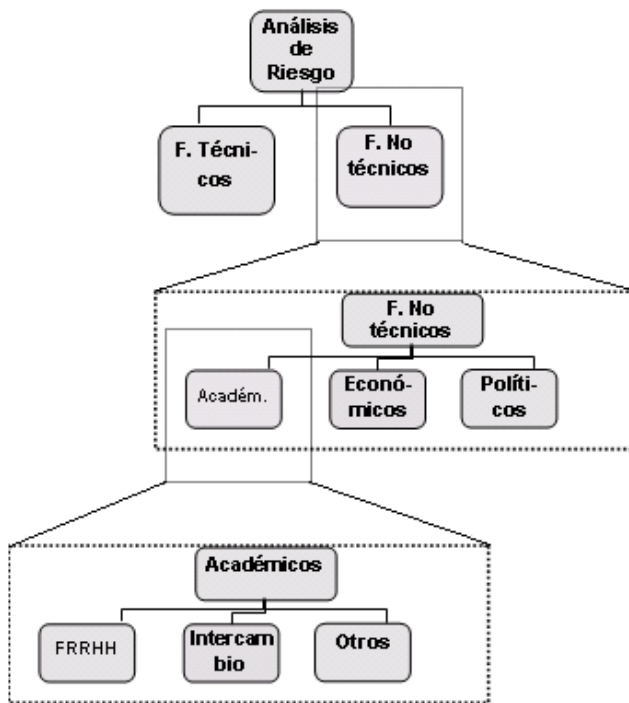


Fig. 2. Diagrama Jerárquico del análisis Aspectos No Técnicos.[4].

La evaluación del riesgo plantea problemas complejos. En principio, se trata de una tarea “multidisciplinaria” donde en las partes involucradas influyen factores que van desde los sociales y políticos hasta las decisiones técnicas. Cada una de las áreas tiene sus propios intereses, concepciones, incumbencias, criterios y metodologías de trabajo. Asimismo y dentro de cada disciplina, la información relevante es “variada en cuanto a naturaleza, precisión y fuente”.

Cuando se trata de considerar el riesgo, en general los ingenieros suelen concentrarse en el análisis, evaluación y control de los factores técnicos que es la parte “dura” del problema. Las incertidumbres asociadas a los mismos son en

general aleatorias.

Los factores no técnicos, la parte “blanda” del problema, son más dificultosos para su análisis. Las incertidumbres asociadas a ellos son las llamadas epistémicas para cuya modelización no son adecuadas las mismas herramientas que para los factores técnicos. Para su evaluación, lo habitual es recurrir a la opinión de expertos, los cuales basan sus juicios en información objetiva y subjetiva, esta última fundamentada en su experiencia y capacidad profesional. El tratamiento de información subjetiva, presupone la utilización de códigos referenciales preestablecidos que permitan salvar y/o establecer acuerdos frente a disparidad de opiniones o controversias.

Además, cada experto debe controlar su subjetividad, manejando “reglas o mecanismos” sencillos que le permitan ir construyendo las partes del proceso en base a las evidencias de que se disponen. Se trata de encontrar, diseñar o formular “herramientas” para controlar y verificar, parcialmente y durante el proceso de cálculo, los valores asignados.

Para controlar y acotar la subjetividad propia de cada experto se les proveerá de un protocolo de trabajo único y concreto con pautas definidas. Este permitirá a cada uno describir, socializar, comparar y fundamentar, no sólo el valor que asignan a las variables relevantes sino también explorar la información en las que basó su asignación. Asimismo los expertos podrán revisar el protocolo de trabajo para ajustarlo o “calibrarlo”. Esto ciertamente, no convierte el juicio experto en un valor objetivo, pero acota significativamente su subjetividad. En el caso que existieran opiniones diferentes, las líneas de razonamiento quedarían expuestas para fundamentarlas y de existir arbitrariedad o error en la asignación de algún valor, éste se pondría en evidencia.

El proceso de evaluación del riesgo, lo realizará un grupo multidisciplinario de expertos que en este caso se trata de los docentes y personal de los Grupos de Investigación de la FIUNCo que han adherido al proyecto, 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 FAIN 4/160, considerándose a este como la persona que tiene conocimiento de la Universidad, del funcionamiento general de las tareas 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.

Una vez definido el árbol jerárquico (basado en Fig. 1), el proceso de cálculo (realizado por el coordinador) se comienza en el nivel más bajo de tareas a ejecutar en el proyecto. El experto asigna valores a las variables utilizando los catálogos 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.

D. Discusión de los resultados de los Análisis precedentes

Cómo se puede apreciar dicho árbol jerárquico similar al de la Fig.1, no es tipo organigrama, sino de jerarquía de

situaciones a resolver en el desarrollo del proyecto. Se utilizan herramientas basadas en Holística definiendo los Holones y estimando su concreción mediante Lógica Borrosa que permite evaluar e incorpora la incertidumbre del problema. 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 [10]. 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. El diagrama de jerarquía es completamente dinámico y va cambiando a medida que las situaciones problemáticas se solucionan y/o aparecen nuevas, por ejemplo, para el caso de los No Técnicos que son los Holones mas críticos se han presentado las siguientes situaciones problemáticas:

Políticos: cambio de las reglas de juego a nivel Nacional sobre importación. Influye en:

- Académicos/Técnicos: cambio de diseño de dispositivos por falta de elementos »» solución: reponer propuestas de trabajos a los alumnos de grado y postgrado.
- Económicos: cambio de valores de los componentes »» solución: búsqueda de elementos más baratos o versiones nuevas mas económicas.

Académico/Administrativos: extravío de documentación (2007) sobre solicitud de predio para Campo de Pruebas de Conversores de ER (CPCER). Influye en:

- Político/Administrativo: necesidad de plasmar procedimientos de control de documentación »» solución: disponiendo del procedimiento se ajusta a él pero con mejores justificaciones a partir de los trabajos conjuntos de los Grupos Consolidados que solicitan el CPCER.
- Económico/Político: declaración de emergencia económica en la UNCo »» solución: solicitud de equipamiento técnico a cambio de capacitación a la empresa donante. Esto permite no sólo que la empresa mejore la capacitación de sus RRH, sino que, organizando estos cursos abiertos se generen nuevos RRHH o se mejore la capacitación de los que se tienen participando en el proyecto.

El diagrama planteado permite señalar el lugar donde existe un problema y, eventualmente solucionado, se obtienen mejoras en el aspecto en cuestión.

E. Aspecto Ambiental: Técnico o No Técnico?

Este es un aspecto que presenta las dos situaciones:

- Técnico: En base a las Ordenanzas/Disposiciones Provinciales, Municipales, resoluciones de la UNCo, se puede ajustar la instalación del proyecto a las demandas ambientales. También el cálculo de del CO₂ cedido y evitado de ceder a la atmósfera.
- No técnico: necesidad de Informes y decisiones para poder llevar a cabo los ajustes y evaluaciones.

Se está desarrollando un estudio del CO₂ producido y evitado por la generación de electricidad por los sistemas de generación propuestos para el proyecto.

Como metodología de cálculo nos basamos en el protocolo de Kyoto donde se establecieron tres mecanismos flexibles, cuyo objetivo principal es ofrecer a las Partes medios para recortar las emisiones con menores costos, y posibilitar el cumplimiento de los compromisos adquiridos; el Comercio de Emisiones, la Implementación Conjunta y el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MSL).

En el caso de los proyectos de pequeña escala se establecieron las bases para el desarrollo de modalidades y procedimientos simplificados aplicables a estos. Como se vio en Tabla II, la demanda máxima anual que va a abastecer la Central Eléctrica Escuela de la FIUNCo se estima en 150 kW para el 3° año del instalaciones en el proyecto y para ese mismo año se dispondrá de una potencia instalada de 110 kW, el déficit de potencia será abastecido por la red de distribución de energía eléctrica de la Distribuidora Local, CALF.

TABLA IV
CATEGORÍAS PARA PROYECTOS DE PEQUEÑA ESCALA

Por lo tanto se entiende que el proyecto puede incluirse en la Categoría I.A. del Mecanismo de Desarrollo Limpio de pequeña escala (Generación eléctrica para el consumidor) y se seguirá la metodología Panel de Cambio Climático de las

Categorías	Tecnologías utilizadas
I.A. Generación eléctrica residencial	Fuentes de Energía Renovable aplicadas al consumo residencial
I.B. Energía mecánica para el consumidor/empresa	Generación de energía renovable para el suministro de energía mecánica a usuarios o empresas que necesitan una pequeña cantidad de energía: mecánica, térmica, eléctrica
I.C. Energía térmica para el consumidor final	Suministro de energía térmica renovable sustituyendo fuentes de combustibles fósiles o de biomasa no renovable (no debe de exceder los 45 MWt).
I.D. Generación de electricidad con FER para suministro de una red de distribución	Instalaciones de ER que suministran electricidad a una red de distribución abastecida al menos por una central de combustible fósil, o biomasa no renovable. (límites: Pot. Renovable de elegibilidad de 15MW- Cogeneración basadas en biomasa no debe exceder los 45 MWt)

Naciones Unidas, (Aproved Small Scale Methodologies) Versión 14 [11].

La Base de referencia viene determinada por el consumo de combustible de la tecnología utilizada, o que se habría utilizado en ausencia de la actividad de proyecto. Determinada la base de referencia anual (Tabla V en kWh/año), las emisiones se calculan multiplicando ésta por el Factor de Emisión de CO₂ del combustible desplazado. Un factor de emisión es una relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y una unidad de actividad. El Factor de Emisión proporciona la cantidad en toneladas de CO₂ equivalentes que se logran reducir o evitar por cada MWh generado o evitado, y es la base de la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) atribuibles a la instrumentación de los proyectos de ahorro de energía eléctrica, energías renovables o cogeneración, que impactan en la generación de energía eléctrica.

Un ejemplo de cálculo de un Factor de emisión por combustible y tipo de central se encuentra en el Apéndice A.

TABLA V
ENERGÍA GENERADA (PROPIA) Y COMPRADA A DISTRIBUIDORA LOCAL

Años		Año 1	Año 2	Año 3
Pmáx Demandada (kW)		120	135	150
Pmáx Generada (kW)		10	60	110
Energía Generada (kWh/año)	Eólico e Hidráulico	43.805	43.805	43.805
	Biogas	-	232.891	248.113
	Biodiesel	-	-	88.359
Energía Comprada (kW/año)	Compra a CALF	272.241	79.186	14.891

A partir de ésta información y de los Factores Emisión, para cada tipo de fuente de energía se establecen las emisiones de la línea de base. Se utiliza el Factor de Emisión resultante del Margen Combinado de dos factores, el Margen de Operación (OM incluye todas las Centrales que están en operación) y el Margen de Construcción (BM incluye las Centrales que han sido instaladas en los últimos 3 años). A su vez la metodología establece dos alternativas para el cálculo del margen combinado, que son:

1. Para proyectos solares y eólicos se deben tomar valores de $W_{OM}=0,75$ y $W_{BM}=0,25$, dándole más peso al margen de operación
2. Para el resto de proyectos se debe tomar un valor de $W_{OM}=0,5$ y $W_{BM}=0,5$.

Los valores de los Factores de emisión según lo expresado en el párrafo anterior están en Tabla VI.

TABLA VI
FACTORES DE EMISIÓN SEGÚN MÁRGENES COMBINADOS

Factores de Emisión	Margen Combinado con 0,5 BM y 0,5 OM (t CO ₂ /MWh)	Margen Combinado con 0,25 BM y 0,75 OM (t CO ₂ /MWh)
Margen Combinado Ex Post	0.502	0.522
Margen Combinado Ex Ante	0.497	0.516

Para el caso de la generación de energía eólica e hidráulica tenemos los resultados de Emisiones de la Línea de Base (tCO₂) en Tabla VII.

TABLA VII
EMISIONES DE LÍNEA BASE PARA GENERACIÓN HIDRÁULICA Y EÓLICA

Línea Base	Factor de Emisión (Kg CO ₂ /KWh)	Año 1	Año 2	Año 3

Eólico e Hidráulico	Margen Combinado Ex Post	Margen Combinado con 0,5 BM y 0,5 OM (t CO ₂ /MWh)	0.502	21.97	21.97	21.97
		Margen Combinado con 0,25 BM y 0,75 OM (t CO ₂ /MWh)	0.522	22.89	22.89	22.89
	Margen Combinado Ex Ante	Margen Combinado con 0,5 BM y 0,5 OM (t CO ₂ /MWh)	0.497	21.79	21.79	21.79
		Margen Combinado con 0,25 BM y 0,75 OM (t CO ₂ /MWh)	0.516	22.60	22.60	22.60

Para el caso de la generación con Biogas las emisiones de la línea de base se calculan utilizando la ecuación 2, Apéndice B.

TABLA VIII
EMISIONES LÍNEA BASE PARA BIOGAS

BIOGAS	Factor de Emisión (Kg CO ₂ /KWh)	Emisiones de la Línea de Base (t CO ₂)		
		Año 1	Año 2	Año 3
Margen Combinado Ex Post (0.5BM y 0.5OM)	0.502	-	116.91	124.55
Margen Combinado Ex Ante (con 0.5BM y 0.5OM)	0.497	-	115.75	123.31
Emisiones Evitadas respecto del GN	0.491	-	143.00	152.31

La generación de Biodiesel se incorpora en el Año 3 del proyecto y como en el caso de la generación con Biogas se calculan las emisiones las emisiones de la Línea de Base a partir del Margen Combinado mostrado en Tabla IX.

TABLA IX
EMISIONES LÍNEA BASE PARA BIODIESEL

BIODIESEL	Factor de Emisión (Kg CO ₂ /KWh)	Emisiones de la Línea de Base (t CO ₂)		
		Año 1	Año 2	Año 3
Margen Combinado Ex Post (con 0.5BM y 0.5OM)	0.502	-	-	44.4
Margen Combinado Ex Ante (con 0.5BM y 0.5OM)	0.497	-	-	44.0

Las emisiones de CO₂ del biodiesel son consideradas neutras (ver Recomendación 2) y corresponden a 44.99 t CO₂/año para el año 3, entonces lo que se evita emitir es como mínimo 43.91 t CO₂ para ese mismo año.

Para obtener los resultados estimados de emisiones para la Central Eléctrica Escuela en su fase de operación expresamos los resultados como un intervalo de valores entre un mínimo y

un máximo de emisiones evitadas globales año por año de operación de la Central Eléctrica a partir de Combustibles Renovables Combinados. Estos valores se expresan en la Tabla XII.

TABLA XII
CUADRO FINAL DE EMISIONES POR FUENTE RENOVABLE

Tipo de Generación a partir de Recurso Renovable	RESULTADOS					
	Año 1		Año 2		Año 3	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Eólico e Hidráulico	21.79	22.89	21.79	22.89	21.79	22.89
Biogas			115.75	116.51	123.31	124.55
Biodiesel					43.91	44.36
Emisiones Evitadas (t CO₂)	21.79	22.89	137.54	139.80	189.01	191.80

III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Conclusiones:

En un proyecto el cual es multidisciplinario y sus dificultades están en los aspectos No Técnicos que en los Técnicos, es indispensable establecer una muy buena relación no sólo entre los RRHH que están involucrados en él y aquellos que toman decisiones para él.

Como herramientas de gerenciamiento podemos decir que se han aplicado, según se ha mostrado en el punteado del punto D, dos “máximas” para las decisiones y sus consecuencias:

- “Si hay un problema que no tiene solución, esto hace que deje de ser problema”: esto implica que hay que cambiar la estrategia de ejecución completamente.
- “Si se da un paso para atrás, daremos luego dos para adelante”: se buscan soluciones a los problemas que permitan remediar no solo la situación en cuestión sino también mejorar/solucionar otros problemas.

La interpretación de poder evitar ceder al ambiente aproximadamente 376t/CO₂ al ambiente se puede interpretar como que se está compensando la generación de CO₂ de alrededor de 600 hogares en la Argentina ya que cada hogar Argentino genera unos 600 t/CO₂ [13].

B. Recomendaciones:

Para poder desarrollar el cálculo del CO₂ evitado se han tenido una serie de consideraciones prácticas y adoptadas ad-hoc.

1. El uso de Biocombustibles requiere de antemano la existencia de vegetales que hayan fijado el carbono previamente.
2. La diferencia de poder calorífico entre combustibles derivados del petróleo y los biocombustibles solo trae una diferencia en su uso y emisiones menor del 1%, por ello se desprecia esta diferencia y las emisiones de CO₂ del biodiesel son consideradas neutras.

3. En nuestro caso el biodiesel se considera obtenido del reciclado de aceite usado de cocina (comedor universitario y restaurantes cercanos a la FIUNCo). Por ello no se adiciona el CO₂ que surge de la diferencia entre la fijación de CO₂ por la plantación de oleaginosa y la fijación de CO₂ del desmonte realizado para dicha plantación. Esto es en caso de que el CO₂ fijado por la oleaginosa sea menor que el que realizaba el monte natural deforestado para la plantación.

IV. APÉNDICE

A. Cálculo de los Factores de emisión:

OM = CO₂ factor de emisión del gas natural en centrales térmicas de generación eléctrica (t-CO₂/ MWh)

$$OM = A * B * C * D * E * 44/12 \quad (1)$$

Donde:

A = factor de la emisión del Carbono*1 (tC/ TJ) (6)

B = Valor calorífico neto * 2 (Tcal/ Nm³) (7)

C = Tasa de oxidación del Carbono (8)

D = Tasa de conversión (TJ/ Tcal)

E = FCR (tasa de consumo medio) (Nm³/kWh) (9)

44/12 = Proporción peso molar para convertir tC a tCO₂

Valores Adoptados:

A=15.31 tC/TJ

B= 8.4*10⁻⁶ Tcal/Nm³

C= 0.995

D= 4.1868 TJ/ Tcal

E= 0.25 Nm³/kWh

Cálculo:

$$OM = 15.31 \text{ tC/TJ} * 8.4 * 10^{-6} \text{ Tcal/Nm}^3 * 0.995 * 4.1868 \text{ TJ/Tcal} * 0.25 \text{ Nm}^3/\text{kWh} * 44/12 = 0.4911 \text{ tCO}_2/\text{MWh}$$

B. Cálculo del Margen Combinado

El Cálculo del Margen Combinando se realiza mediante los dos factores de emisión de los márgenes de operación y de construcción. Así se obtiene el factor de emisión de la línea base según la siguiente expresión:

$$EF_{\text{grid,CM,y}} = EF_{\text{grid,OM,y}} * W_{\text{OM}} + EF_{\text{grid,BM,y}} * W_{\text{BM}} \quad (2)$$

Donde:

- EF_{grid,CM,y}: es el 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.

Los valores de los pesos de los diferentes factores de emisión que han de considerarse son los siguientes:

- W_{OM}=0,75 y W_{BM}=0,25 : Para proyectos solares y eólicos.
- W_{OM}=0,5 y W_{BM}=0,5: Para el resto de proyectos.

V. REFERENCIAS

- [1] Comisión de evaluación externa de Proyectos de Investigación de la FIUNCo, “Informe de Evaluación del Proyecto de Investigación: Central Eléctrica Escuela a partir de Combustibles Combinados Renovables”, UNCo, diciembre 2009.
- [2] C. Labriola, R. Pérez, Proyecto de Investigación aprobado por evaluadores externos para su desarrollo FAIN 4/160: “Central Eléctrica Escuela a partir de Combustibles Renovables Combinados”, Res. CS N° 148/2010, UNCo, 2010.
- [3] C. Labriola, Solicitud de espacio para “Campo de ensayos de Conversores de Fuentes de Energía Renovable”, Nota CL-DE 03/11, FIUNCo, julio 2011.
- [4] C. Labriola, I. Ferraris “Análisis de Riesgo aplicado a Proyectos de Enseñanza de la Ingeniería” *II Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica*, organizado por el Foro Docente del Área Mecánica de la Ingeniería, San Juan, noviembre 2010.
- [5] Creación de Centro de estudios y desarrollo de convertidores de Energía renovable, nota elevada al Consejo Superior desde la FIUNCo, julio 2011.
- [6] Acosta, F., Rojas, J. Diocares, F., Trabajo Final de Carrera: “Estudio de demanda de la FIUNCo” Cátedra de Instalaciones Eléctricas, 2008.
- [7] OREDA, *Offshore Reliability Data Handbook*, 5th Edition, Volume 1 – Topside Equipment,, Sintef Technology and Society, Det Norske Veritas Noruega, 2009.
- [8] Palavecino A., Tesis de Postgrado: “Estudio del CO₂ evitado en la Central Eléctrica Escuela de la FIUNCo, octubre 2011.
- [9] C. Labriola, R. Pérez, M. Ávila; “Factibilidad de una Central Eléctrica Escuela de combustibles combinados en Neuquén”, *HYFUSEN*, San Juan, Junio 2009.
- [10] Koestler A. “The Ghost in the Machine” Arkana, 1967
- [11] P.C.C.de la N.U., AMS, “Aproved Small Scale Metodologies, Indicative simplified baseline and monitoring methodologies for selected small-scale CDM project activity categories”. Versión 14, 2010.
- [12] P.C.C.de la N.U., “Apéndice B”, del Anexo II de la Decisión 21/CP.8. 2010 Data Services CO₂ emissions, “Emisiones en los Hogares”, Argentina, Internacional Energy Agency, , 2008.

VI. BIOGRAPHIES

Carlos V.M. Labriola nació en Paraná, Entre Ríos, el 13 de noviembre de 1954. Cursó estudios de grado en la UBA siendo Ing. Electromecánico orientación Electricidad (1985). Posee un postgrado (Master of Science) en Energía Renovable y Medio Ambiente en la Universidad de Reading, Reino Unido (2000) y ha cursado una especialización en Gestión e Ingeniería de mantenimiento de la Universidad Austral (2005). Actualmente es docente e investigador de la facultad de Ingeniería de la UNCo, responsable del grupo GES y ha asesorado a Facultades Regionales (Neuquén y Mendoza) de la UTN y a la Unidad Caleta Olivia de la UNPA en temas de máquinas eléctricas, recursos y Fuentes de Energía renovable.

Héctor Rubén Pérez nació en Cipolletti, Río Negro, el 31 de diciembre de 1951. Cursó estudios de grado en la facultad de Ingeniería de la Universidad nacional del Comahue, siendo Ing. Industrial orientación Electrotecnia (1925/05/1977). Posee un cargo de Profesor Adjunto en las Asignaturas Estaciones Transformadoras e Instalaciones Eléctricas. Como investigador es Co-Director del proyecto FAIN 4/160: “Central Eléctrica Escuela a partir de combustibles Renovables Combinados.

Isabel C. Ferraris, nació en Floresta, C.A. de Bs.As. el 24 de enero de 1956. Estudió en la UBA obteniendo el título de Ing. Civil orientación Construcciones el 20 de abril de 1983. Es Docente e Investigadora en la FIUNCo y está a cargo de la Asignatura Física I. Es integrante del proyecto de Investigación FAIN 4/156 “Estudio de riesgo en Presas” y asesora al P.I. FAIN 4/160 en cuestiones de Riesgo e Incertidumbre.

Marcelo A. Avila nació en Allen, Río Negro, el 17 de octubre de 1963. Cursó estudios de grado en la UNCO siendo Ing. Industrial orientación Electricidad (1986). Cursó el postgrado Economía Política Energética y Ambiental, en la UNCo bajo la coordinación y supervisión del IDEE-FB, ha

cursado varios seminarios internacionales en economía de la energía y regulación. Actualmente es ayudante de docencia de la facultad de Ingeniería de la UNCo

Daniel A. Toppi, nació en Cipolletti, Río Negro el 12 de febrero de 1979 estudia en la Facultad de Ingeniería de la Universidad nacional del Comahue y esta culminando la carrera de Ingeniero Eléctrico habiendo presentado su tesis: “Influencia de los armónicos en las mediciones de energía a inducción” con una nota sobresaliente. Es Ayudante de 2da. En la Cátedra de Maquinas Eléctricas e integrante alumno del P.I. “Central Eléctrica Escuela a partir de Combustibles Combinados Renovables”. Además trabaja en la empresa Distrito-Cuyo con asentamiento en Neuquén.

Carlos F. Casarotto, nació en Río IV, Córdoba el 1 de noviembre de 1966. Cursó sus estudios de grado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Río IV como Ing. Electricista. Ha culminado su postgrado como Magíster en la Ciencia de Ingeniería de la Univ. De Río IV. Es docente e Investigador en la FIUNCo e integrante del Proyecto FAIN 4/160. está a cargo de la cátedra de economía de la Energía.

Alejandro Palavecino, nació en Cipolletti el 4/2/60, Ingeniero Industrial con orientación Mecánica de la Universidad Nacional del Comahue, maestrando de la Maestría en Intervención Ambiental con orientación Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional del Comahue. Actualmente trabajo en la Empresa Distribuidora de Energía de Río Negro S.A. como jefe de control de la Calidad del Servicio Técnico y del Producto Técnico