



Universidad Nacional de Córdoba  
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales  
Escuela de Ingeniería Industrial



Refuncionalización de molino eólico en Rada Tilly, Chubut.

Autores

DEKKER, Denise Andrea    Matrícula: 35658698

Tutor

GANGI, Sergio

CÓRDOBA

## Resumen

El presente Proyecto Integrador aborda una problemática real que enfrentan las instalaciones del parque eólico de Rada Tilly, Chubut que cuenta con un solo aerogenerador. Éste fue instalado en el año 1996, y funcionó hasta el año 2007, cuando fue detenido y luego desmantelado por unos inconvenientes en sus mecanismos. Recién en el año 2013 fue puesto en marcha nuevamente.

Por lo tanto, mediante el presente proyecto se propuso adoptar el modelo de mantenimiento sugerido por el RCM (Reliability Centered Maintenance; o Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) y algunas de las técnicas que este sugiere.

Además se desarrolló un procedimiento de seguridad que no aborda la actividad de mantenimiento en sí, sino la modalidad que se debería adoptar desde la planificación de la tarea hasta que se deja el sitio en condiciones de funcionamiento, ya sea por tareas programadas o no.

Por último, desde un punto de vista ambiental, se realizó un análisis contemplando los niveles de ruido, y las emisiones de dióxido de carbono en comparación a otros medios de producción de energía eléctrica.

A modo de conclusión, se estableció que tanto desde un punto de vista de beneficio ambiental como económico, es factible la implementación del RCM para mantener en funcionamiento el molino buscando que su producción no sea interrumpida.

## **Abstract**

This Final Project contemplates a real problem that the wind park –with only one wind mill- of Rada Tilly faces nowadays. This wind mill was installed in the year 1996 and operated until the year 2007, when it was stopped and taken apart due to some problems in its mechanisms. Not until the year 2013 it was put back into work.

Consequently, through this project the implementation of RCM –Reliability Centered Maintenance- was proposed, together with some techniques it suggests.

Moreover a safety procedure was developed, that is referred not to the main maintenance activity itself, but to the method which should be adopted since the planning until the site of operation is left functioning, for both programmed and not activities.

Last but not least, from an environmental point of view an analysis was developed approaching sound levels and carbon dioxide emissions in comparison to other means of electric energy production.

As a conclusion, it was established from both an environmental and financial benefit point of view that the development of RCM is conceivable so as to keep in operation this wind mill, in an uninterrupted way.

## **Índice**

### **Capítulo 1: Introducción al modelo de generación eólica en Argentina**

- 1.1 Potencia eléctrica de origen eólico Instalada en Argentina
- 1.2 Cálculos para determinar la Potencia
- 1.3 Marco Regulatorio
- 1.4 Caracterización del viento
- 1.5 Estudios para instalación de parques

### **Capítulo 2: Situación Actual del parque eólico en Rada Tilly**

- 2.1 Caracterización del molino
- 2.2 Descripción del entorno
- 2.3 Datos de cosecha energética históricos
- 2.4 Análisis FODA
- 2.5 Análisis ambiental

### **Capítulo 3: Criterios de la Metodología utilizada**

### **Capítulo 4: Propuesta del Plan de Mantenimiento**

- 4.1 Fallas Frecuentes
- 4.2 Descomposición de máquina
- 4.3 Desarrollo del programa anual de mantenimiento periódico
- 4.4 Propuesta F.M.E.C.A. (Failure Mode Effects Critical Analysis)
- 4.5 Hojas de Información y Decisión RCM
- 4.6 Gestión de repuestos
- 4.7 Perfiles Profesionales

### **Capítulo 5: Procedimiento de Seguridad para tareas de operación y menores de mantenimiento**

- 5.1 Introducción
- 5.2 Relación trabajo – salud
- 5.3 Factores laborales nocivos
- 5.4 Marco regulatorio
- 5.5 Propuesta

5.5.1 Consideraciones

5.5.2 Procedimiento de Seguridad sugerido

**Capítulo 6: Resultados**

**Capítulo 7: Conclusiones**

**Capítulo 8: Bibliografía**

**Capítulo 9: Anexos**

## **Índice de tablas y gráficos**

### **Cuadros:**

Cuadro 4.1: clasificación de averías

Cuadro 5.1: relación trabajo-salud-ambiente

### **Imágenes:**

Imagen 1.1: Mapa de vientos de Argentina

Imagen 2.1: Croquis Molino Eólico

Imagen 2.2: Curva de Potencia

Imagen 2.3: Distribución de Potencia

Imagen 2.4: Niveles de ruido en las cercanías de una turbina eólica

Imagen 2.5: Comparación de la emisión de decibeles de una turbina eólica

Imagen 4.1: Organigrama de COAGUA

### **Fotografías:**

Fotografía 2.1: vista de la planta de tratamiento de agua

Fotografía 2.2: vista del molino desde la laguna adyacente a la planta de tratamiento de agua

Fotografía 2.3: molino eólico del Cerro Paralelo Punta Piedras

Fotografía 2.4: estación convertidora de distribución

Fotografía 2.5: vista de aspas con punta variable

Fotografía 2.6: góndola, anemómetro y veleta

Fotografía 2.7: vista de Rada Tilly desde el molino

Fotografía 2.8: flora autóctona

Fotografía 5.1: puerta de acceso a la torre

### **Gráficos:**

Gráfico 1.1: gráfico de torta, potencia instalada

Gráfico 2.1: Producción anual [kW]

**Tablas:**

Tabla 1.1: capacidad instalada en Argentina

Tabla 2.1: calificación de decibeles

Tabla 2.2: componentes de emisiones

Tabla 4.1: lubricantes

Tabla 4.2: repuestos

El presente Proyecto Integrador busca incorporar un análisis acerca de la potencialidad que tiene el Parque Eólico de Rada Tilly, manifestando la necesidad de que éste funcione de manera adecuada para obtener el mejor beneficio y rédito posible.

El medio a través del cual surge el análisis es la aplicación de RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) que trae aparejado un análisis respecto de la seguridad, junto con un procedimiento de operaciones; así como un análisis ambiental enfocado en las características del uso de este tipo de energía limpia.

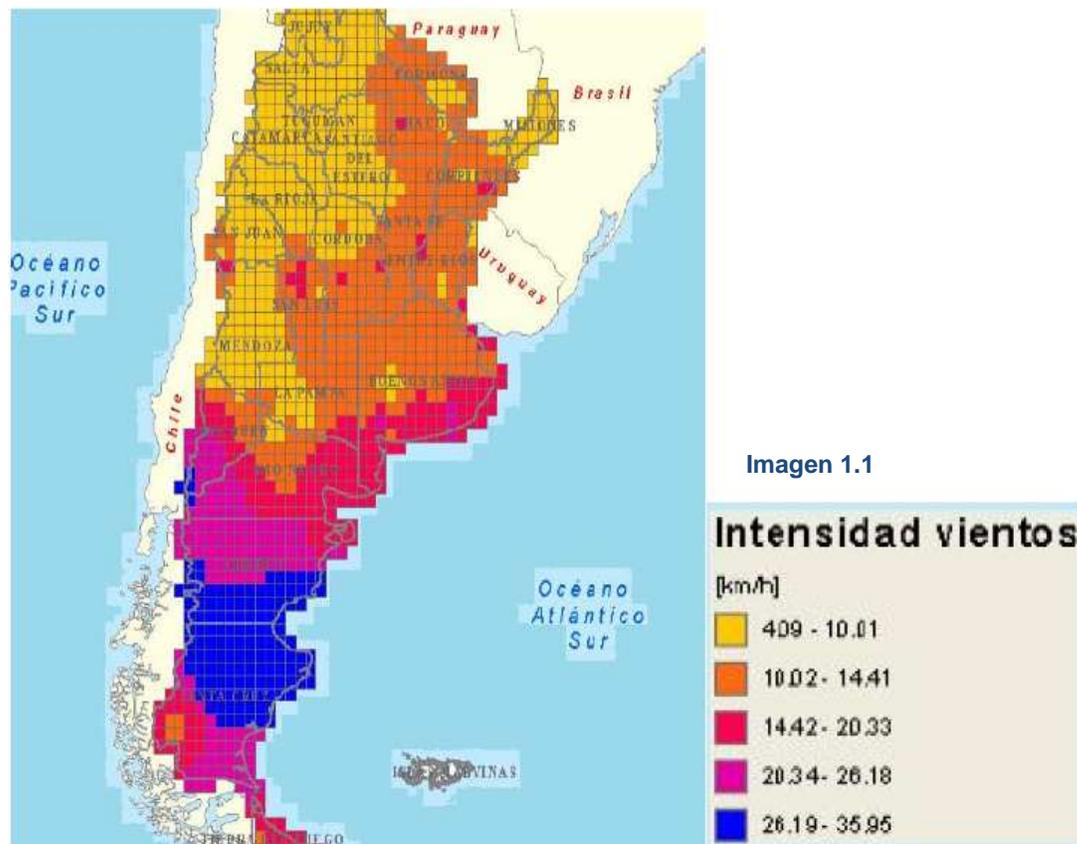
Siempre destacando la particularidad del caso de estudio, debido a su localización geográfica, el hecho de que el parque eólico está conformado solamente por un solo generador; el medio socio-económico que lo rodea, entre otros.

Se buscó demostrar desde el punto de vista económico la factibilidad de la realización de la propuesta, concluyendo que se cuenta con una serie de herramientas que pueden ayudar a mejorar la situación actual.

## Capítulo 1: Introducción al modelo de generación eólica en Argentina

Siendo el único país que tiene tierra firme en la banda 40° a 50° latitud sur, con vientos casi permanentes en la dirección oeste / sur oeste, la Argentina presenta el mayor potencial eólico del planeta debido a la dirección, constancia y velocidad del viento. Las granjas allí presentes tienen un factor de capacidad superior al 35%. Éstas comenzaron a ser instaladas en el año 1990 en la provincia del Chubut, en la localidad de Río Mayo, hasta la actualidad, mencionando como ejemplo la inauguración de la segunda parte del Parque Eólico Rawson (PER), que se terminó de instalar en enero de 2012 con una capacidad total de 80 MW, correspondiendo a una inversión total de U\$S144.300.000.

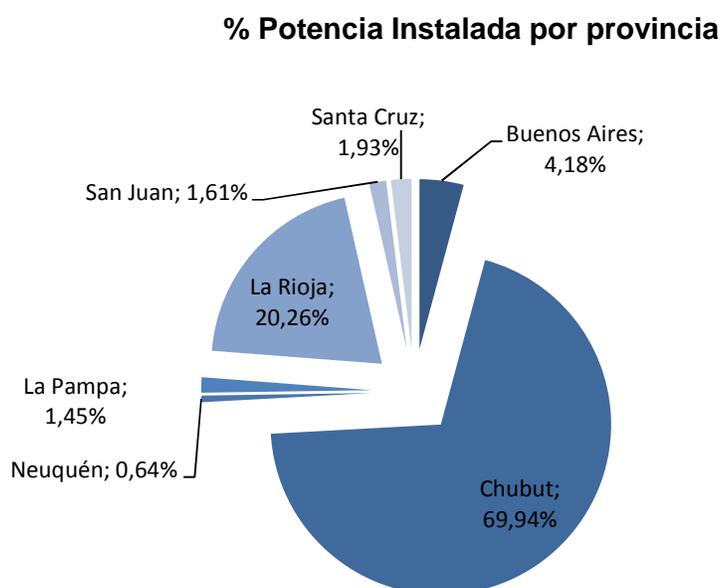
En la siguiente imagen, se puede apreciar el mapa de vientos de la Argentina, donde se distingue claramente que la región en cuestión posee las mayores intensidades de viento del país, de acuerdo a los registros de la AAEE (Asociación Argentina de Energía Eólica).



## 1.1 Potencia eléctrica de origen eólico instalada en Argentina

Se estima que para el año 2013, la capacidad total instalada en Argentina es de 124,4 MW, tal como se muestra en la **Tabla 1.1**. Es interesante destacar que las locaciones no son exclusivas a la Patagonia, sino que abarca en total seis provincias (Buenos Aires, Chubut, La Pampa, La Rioja, San Juan y Santa Cruz) y entre ellas, Chubut concentra casi el 70% del total de la potencia instalada. (Ver **Gráfico 1.1**). Es por ello que el tema es de interés ya que a pesar de ser una provincia destacada en la industria extractiva de hidrocarburos, también lo es en energía eólica. Este contraste entre energías indica la diversidad de fuentes energéticas con las que cuenta la provincia y es uno de los motivos por el cual la autora eligió esta temática.

**Gráfico 1.1**



**Tabla 1.1**

Parque	Provincia	Año instalación	Potencia Instalada [MW]	Observaciones
Rio Mayo	Chubut	feb-90	0,12	fuera de servicio
Comodoro Rivadavia	Chubut	ene-94	0,5	*
Cutral Co	Neuquén	oct-94	0,4	
Pehuen Co	Neuquén	feb-95	0,4	
Pico Truncado	Santa Cruz	may-95	0,1	desmantelado
Tandil	Buenos Aires	may-95	0,8	
Rada Tilly	Chubut	mar-96	0,4	
Comodoro Rivadavia	Chubut	sep-97	6	*
Mayor Buratovich	Buenos Aires	oct-97	1,2	
Darregueira	Buenos Aires	dic-98	0,75	
Punta Alta	Buenos Aires	dic-98	2,2	
Pico Truncado	Santa Cruz	mar-01	2,4	
Comodoro Rivadavia	Chubut	oct-01	10,56	*
General Acha	La Pampa	nov-02	1,8	
Veladero	San Juan	ago-08	2	se encuentra a 4100 msnm, es el instalado a mayor altura en el mundo
Necochea	Buenos Aires	dic-09	0,25	
Parque Arauco	La Rioja	may-11	25,2	**
Diadema	Chubut	nov-11	6,3	** mayor eficiencia en el país
Rawson	Chubut	feb-12	77,4	**
<b>TOTAL POTENCIA INSTALADA</b>			<b>124,4 MW</b>	

\* El parque eólico de Comodoro Rivadavia, Antonio Morán está compuesto por 26 aerogeneradores, de los cuales solamente se encuentran en funcionamiento 5 de ellos, por lo que se considera como máximo una generación disponible de 2,9 MW. En la suma de total de potencia, se despreció los valores de la tabla y se suma el valor recién mencionado.

\*\* Parques de mayor envergadura del país.

## 1.2 Cálculos para determinar potencia

Es pertinente cuantificar la captación de energía eólica, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

Si se define al viento como una masa de aire en movimiento, ésta posee una energía cinética dada por:

$$e = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1.2.1)$$

Si esta masa de aire atraviesa una sección circular de área  $A_r$ , su caudal sería:

$$Q = v A_r \quad (1.2.2)$$

Su energía cinética por unidad de volumen está dada por:

$$e = \frac{1}{2}\rho v^2 \quad (1.2.3)$$

La potencia del tubo de viento o el flujo de energía cinética por unidad de tiempo:

$$P = \frac{1}{2}\rho v^2 Q = \frac{1}{2}\rho v^3 A_r \quad (1.2.4)$$

Si se expresa el área en función del diámetro  $D$  barrido por las palas del rotor, queda dada la potencia total del tubo de viento por la siguiente expresión:

$$P = c \rho D^2 v^3 \quad (1.2.5)$$

La anterior expresión, formula la potencia del tubo, que no es la potencia extraíble del mismo. Si se pudiese extraer toda la energía de la masa en movimiento, la expresión (1.1) indica que, al no poder ser nula la masa, debería serlo su velocidad. Esto es imposible, ya que de ser así, el área considerada se habría convertido en un sumidero de aire. Un físico alemán (Betz) quien en la década de 1920 demostró que solamente es posible extraer aproximadamente un 59% de esa energía debiendo quedar a la masa considerada el 41% restante para permitir su desplazamiento más allá de la sección considerada. Aquí se definió el coeficiente de Betz:

$$c_b = 0.59 \quad (1.2.6)$$

Con él se puede determinar la potencia extraíble del tubo de viento:

$$P_{extraible} = 0.59 c \rho D^2 v^3 \quad (1.2.7)$$

Es conveniente resaltar la presencia de “ $\rho$ ” más allá de la presión atmosférica, el diámetro del rotor y del cubo de la velocidad del viento; lo que indica la importancia de su determinación correcta al momento de definir el emplazamiento de la turbina.

Ahora sí, se puede definir la potencia mecánica real del molino, afectando la expresión 1.2.7 por el rendimiento de la máquina:

$$P_{mecánica} = c_p P_{extraible} \quad (1.2.8)$$

Con  $c_p$ , coeficiente de potencia mecánica del molino.

Una expresión más sencilla que se suele utilizar es la siguiente:

$$P [W] = 0.20 D^2 [m] v^3 [m/s] \quad (1.2.9)$$

### 1.3 Marco legal regulatorio

En el país, la generación eólica (y solar) está regulada por la Ley Nacional 25019/98; que establece remuneraciones por kW producido, entre otros.

“Artículo 5. - La Secretaría de Energía de la Nación en virtud de lo dispuesto en el artículo 70 de la ley 24.065 incrementará el gravamen dentro de los márgenes fijados por el mismo hasta 0,3 \$/MWh, que serán destinados a remunerar en un (1) centavo por kWh efectivamente generados por sistemas eólicos instalados que

vuelquen su energía en los mercados mayoristas y/o estén destinados a la prestación de servicios públicos.

Los equipos a instalarse gozarán de esta remuneración por un período de quince (15) años, a contarse a partir de la solicitud de inicio del período de beneficio.” (Ley Nacional 25019/98, Artículo 5)

Además se cuenta con la Ley Nacional 26.190: Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la producción de Energía Eléctrica, y su respectivo Decreto Reglamentario 562/2009 que declara de interés nacional la generación de energía eléctrica a partir de uso de fuentes renovables con destino a la prestación de servicio público, como también la investigación para el desarrollo tecnológico y fabricación de equipos con esa finalidad.

#### **1.4 Caracterización del viento**

No se debe olvidar el carácter variable del viento. Este puede o no estar, o cuando está puede ser tan bajo o tan alto que no permite que la generación de energía eléctrica sea posible con los generadores eólicos (existe para cada modelo de aerogenerador, un límite de velocidad máxima, más allá de las ráfagas de viento, sobre el cual no puede operar ya que se dañarían sus mecanismos).

Por lo tanto, con esta variabilidad, hay regulaciones que determinan dos situaciones posibles: que no se aporte más energía a la red energética del 10% del total que ésta lleva, y por otro lado, no inyectar más del 20% de la potencia de corto circuito en el punto de conexión. Estas son consideradas buenas prácticas ya que se debe contar con una contrapartida a la generación de energía eléctrica con generadores eólicos que pueda absorber esta variación ya sea por demás o por menos.

Por otro lado, el tendido de la red eléctrica en Argentina, al contrario de países que marchan a la vanguardia de la utilización de la energía eólica para la generación eléctrica, son redes poco malladas, con troncales que convergen a los mayores puntos de consumo; aquí éstas se dirigen hacia Buenos Aires, Rosario y Córdoba.

Llevando el análisis a un nivel superior, en el que se tiene en cuenta esta variabilidad del recurso y la vejez de los tendidos eléctricos a nivel mundial, que rondan los cien años de antigüedad, hay una tendencia a trabajar con redes inteligentes de alta capacidad de adaptación a todos los elementos que generan y consumen energía. Éstas permiten tener capacidad de control de los distintos sistemas de generación. Por lo que se busca tener “islas de generación” autosustentables, para evitar grandes corredores de energía.

El objetivo final es no terminar dependiendo de un combustible que no se tiene, y se debe comprar a otro país frente a las altas producciones locales, que en su gran mayoría se exportan (como el caso del Estado Nacional compra gas a otros países para procesarlo correspondientemente y generar energía eléctrica con él).

Estas redes inteligentes mencionadas anteriormente, tienden a ser parecidas a una red de computadora, un “plug in” donde se puede tanto enchufar como desenchufar, en este caso consumos y producciones, sin generar desestabilizaciones en el sistema.

### **1.5 Estudios para instalaciones de parques**

Al momento de decidir instalar un parque eólico<sup>1</sup>, se debe realizar una serie de estudios preliminares que condicionarán la locación del mismo: estos implican el estudio de las condiciones meteorológicas por aproximadamente dos años en el sitio que se pretende realizar la instalación, con una estación ubicada a aproximadamente 50 metros de altura. Asimismo, una vez instalado el molino, este debe verificar una curva de potencia de fábrica; refleja las respuestas de Potencia de Salida en función de la Velocidad del Viento a la altura del eje del rotor. Estos dos puntos son de especial interés para los inversionistas respecto de la calidad de lo que apoyan con sus aportes, minimizando sus riesgos. Esto se logra con un banco de pruebas homologado según normas internacionales aceptadas; sin embargo, en Latinoamérica no se cuenta con ellos. De esta manera, los fabricantes locales contratan de instituciones reconocidas las homologaciones de sus diseños y de los componentes de sus productos, pero no cuentan con el banco de prueba local que verifique la curva de potencia.

En otros países, el proceso de verificación puede llevar tiempos prolongados, es decir muchos meses, porque debe homologarse para todas las posibles velocidades de viento, ajustadas a las variables meteorológicas: presión, temperatura y humedad ambiente.

Una vez instalado en su totalidad el aerogenerador, se procede a la comprobación de la curva de potencia del mismo. Si bien de fábrica teóricamente esto estaría garantizado, se procede en todos los casos a realizar una comprobación en el sitio, por ejemplo Bureau Veritas certifica a los fabricantes de aerogeneradores y componentes, basados en las normas IEC 61400-22; por otro lado DEWI (Instituto Alemán de Energía Eólica) posee acreditaciones en ISO/IEC 17025 y MEASNET y es reconocido como institución independiente entre expertos y empresas del sector, ganando presencia en la certificación de la energía eólica off-shore. También se cuenta, a nivel local, con el CREE (Centro Regional de Energía Eólica) que brinda servicios de este tipo. Por lo tanto una vez confirmada la curva de potencia del molino mientras este se encuentra en funcionamiento, es el paso final que determina el funcionamiento del mismo.

Cuando estas instalaciones son de más de un molino, es de especial importancia tener en cuenta cómo se los dispondrá para que no se generen interferencias entre ellos. Una granja eólica conectada a la red se configura mediante la instalación integrada de un conjunto de varias turbinas, interconectadas

---

<sup>1</sup> Parque eólico, un término alternativo es “granja eólica”

eléctricamente mediante redes eléctricas propias, compartiendo una misma infraestructura de accesos y control. La conexión a la red eléctrica de distribución se realiza mediante la correspondiente transformación de tensión, en función de la capacidad técnica de las redes existentes y de la propia instalación.

Entonces, para determinar la configuración o bien la disposición de las turbinas sobre el terreno, deben tenerse en cuenta tanto los aspectos propios del viento (velocidades medias, direcciones predominantes, rafagosidad y vientos extremos), como los correspondientes al terreno disponible, tales como rugosidad y obstáculos. Todo esto influirá en la disposición y distancia entre los aerogeneradores, así como en la elección de los tipos de aerogeneradores según su capacidad, tipo y altura de torre.

La geometría del parque y la intensidad de la turbulencia son los dos elementos más destacados que pueden llegar a ocasionar pérdidas aerodinámicas. Por lo tanto, su diseño requiere consideraciones especiales para maximizar la energía captada. Un espaciamiento muy cercano de las turbinas permite instalar más turbinas en el sitio, pero reduciría la energía promedio captada por cada una.

Cuando existe un viento dominante, por lo general se recomienda una distribución en filas alineadas, con separación transversal: perpendicular a la dirección del viento dominante), entre turbinas de tres a cinco veces el diámetro del rotor y de cinco a nueve veces en la dirección del viento dominante. Cuando el viento tiene frecuentes cambios de dirección con respecto a la predominante los aerogeneradores se colocan alternadamente.

Las estimaciones de la conversión de energía eólica van desde el análisis de la potencia eólica en una extensa región (regional assessment), hasta la predicción de la cosecha energética<sup>2</sup> de una determinada turbina eólica en un emplazamiento dado (siting). Necesitando distintos niveles de detalle de información según sea el caso, pero ambos requieren conceptos generales de análisis topográfico y de conceptos regionales de climatología.

Por un lado, la topografía incide de tres maneras principales en el viento: rugosidad del terreno, orografía del terreno y los obstáculos e interferencias. Por lo general, estas incidencias no son generalmente independientes entre sí. La orografía comprende las colinas, valles, acantilados, quebradas y cordones serranos que ejercen influencias adicionales sobre el viento. Cerca de las crestas de estos accidentes, el viento se acelera, mientras que cerca de las bases y en los valles se suele desacelerar. La rugosidad se la considera como las condiciones propias del terreno y de los obstáculos de baja altura que allí existen y que condicen a que en la cercanía de la superficie el viento se frene (ejemplos: vegetación baja, edificios bajos). Los obstáculos comprenden edificios y construcciones de mayor altura. Considerando que en la vertical, la perturbación llega a unas tres veces la altura del

---

<sup>2</sup> Cosecha energética: el término equivale a producción eléctrica.

obstáculo, y horizontalmente llega a sentirse hasta una distancia equivalente a 30/40 veces la altura del obstáculo a sotavento.

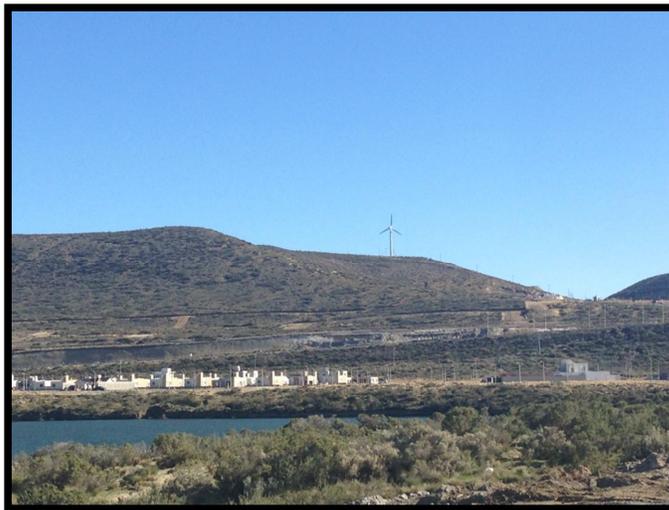
## Capítulo 2: Situación Actual del parque eólico en Rada Tilly

Actualmente, el parque se encuentra en funcionamiento, luego de haber estado parado por 6 años aproximadamente. La modalidad de funcionamiento que se diseñó en un principio y es la que se pretende mantener es la siguiente: la energía producida se utilizaba para cubrir los gastos energéticos de la planta de tratamiento de aguas cloacales del mismo municipio (aproximadamente el 40% de la energía producida, pero esto también variaba en función de los vientos del mes), el sobrante se vendía a la SCPL (Sociedad Cooperativa Popular Limitada) de Comodoro Rivadavia.

El ahorro en costos que esto generó en la planta municipal de tratamiento de agua permitió realizar el pago de la inversión en los cinco años que se programaron inicialmente, de un costo total de aproximadamente dos millones de dólares.



Fotografía 2.1: Vista planta de tratamiento de agua



Fotografía 2.2: vista Molino desde la laguna adyacente a la planta de tratamiento de agua

Además, el pago se logró finalizar antes del desajuste económico de finales de 2001, a la compañía dinamarquesa que les proveyó del equipo. La modalidad se diseñó con esta metodología ya que la recompensa por kW producido es de tan solo \$0,03 (actualizado respecto al dólar) de acuerdo a las legislaciones vigentes para uso en cooperativas, ya que el monto de pago difiere si se trata de un caso de conexión al interconectado nacional. Los planes del Estado Nacional no compensan lo suficiente estas producciones, por lo que es difícil recuperar la inversión inicial, y destinar fondos al mantenimiento de los equipos. Sin embargo, hay nuevos planes que tienen una recompensa en dólares para nuevos proyectos. La salvedad, es que la energía producida va al sistema de

interconectado nacional, y probablemente sea consumido en las grandes urbes del país, ya que entre Buenos Aires, Rosario y Córdoba se concentra aproximadamente el 70% del consumo de electricidad.

El molino es de marca “NEG MICON” y el modelo al ser del año 1996 está discontinuado. Sin embargo, esta “falta de actualización” por así decirlo representa un beneficio económico ya que a expensas de un seguimiento más controlado de datos del molino, no se tienen plaquetas electrónicas ni sensores incorporados. Es decir, es más rudimentario que los molinos que se están produciendo hoy en día. Es por ello que cuenta con la ventaja de bajo costo de mantenimiento, ya que la rotura de una de las plaquetas que llevan los molinos más actuales, tiene asociado un costo muy elevado debido al tiempo de espera asociado a la llegada del repuesto, durante el cual la operación debe ser interrumpida.

## 2.1 Caracterización del Molino

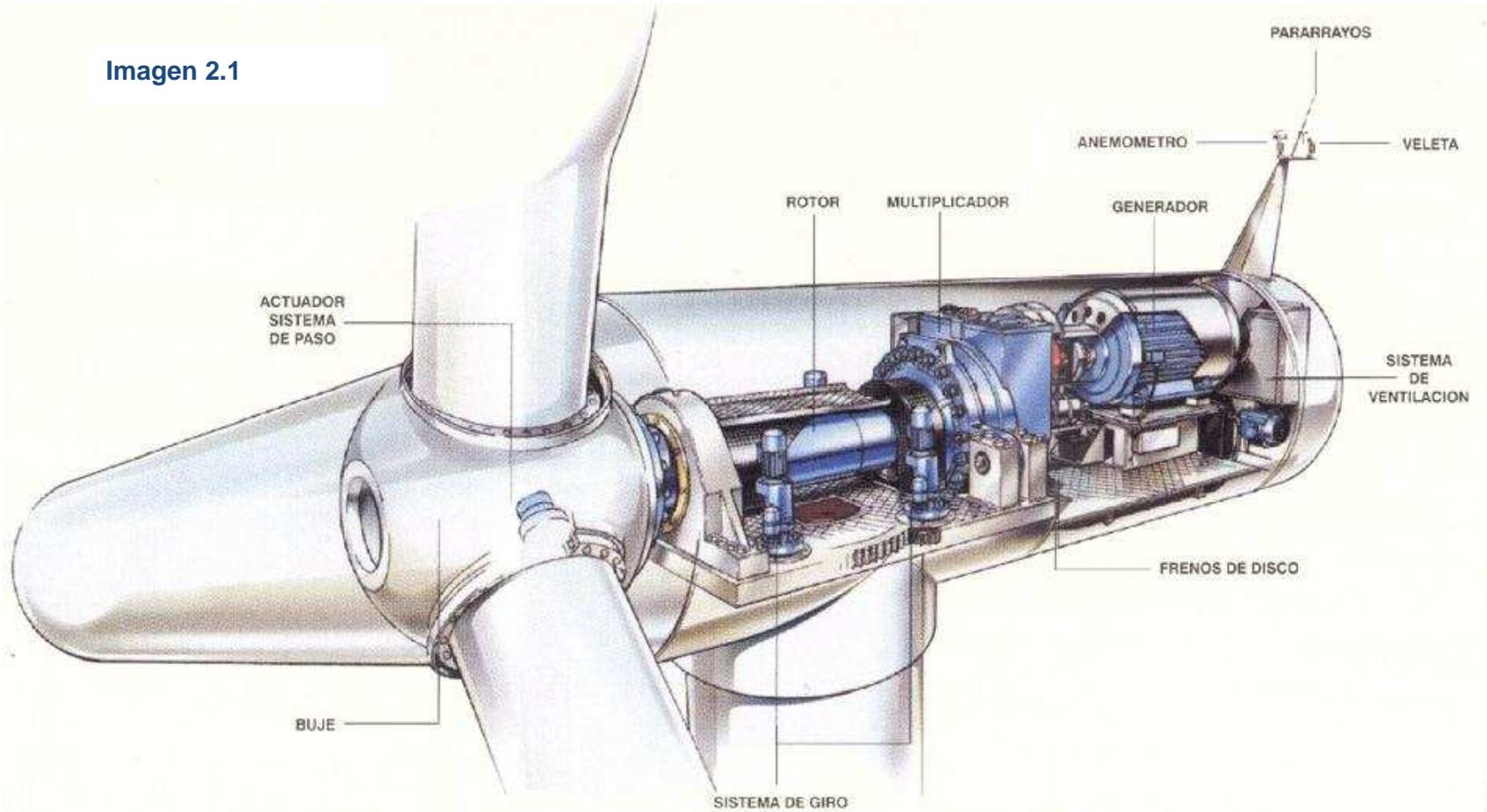
Las palas son el elemento fundamental que capta la energía del viento mediante la acción de las fuerzas aerodinámicas. Las palas transmiten su giro a un eje, alojado en la góndola, donde también se encuentra situado el generador eléctrico, los mecanismos de control, entre otros. La góndola se encuentra ubicada sobre una placa o plataforma sobre la que gira, cambiando el ángulo para orientar la turbina, siempre el eje de giro debe ser paralelo al viento. Esta placa, reposa sobre la torre que se encuentra adecuadamente cimentada. En este caso, las palas no pueden rotar por completo, solamente las puntas son móviles.

El aerogenerador en cuestión se caracteriza por las siguientes especificaciones:



**Fotografía 2.3: Molino eólico del Cerro Paralelo Punta Piedras**

Imagen 2.1



El generador es asíncrono de velocidad fija (esto no significa que trabaje a una única velocidad sino que se distinguen tres tipos de velocidades: de arranque, nominal y de corte), compuesto por un bobinado trifásico inductor conectado a la red eléctrica y ubicado en el núcleo magnético del estator, y por un bobinado de inducido, cortocircuitado y ubicado en el rotor de la máquina. El par velocidad se presenta de una forma característica, mostrando un ligero deslizamiento de velocidad, proporcional al par electromagnético transmitido y permite como ventajas las siguientes cuestiones: por un lado, no precisa un sistema de sincronismo con la frecuencia de red en arranque; en otras palabras, se puede arrancar el sistema desde el propio generador eléctrico haciéndolo trabajar en modo motor arrastrando la turbina.

Por otro lado, el impacto en la potencia generada por la oscilación del viento es reducido mediante un acoplamiento amortiguado entre el sistema aerodinámico, la transmisión mecánica y la red eléctrica. También tiene una rápida y estable respuesta a sobrecargas transitorias y fortuitas debido a ráfagas (no implica la regulación de paso de pala). Otra ventaja se debe a su robustez y el poco mantenimiento que este tipo de generador implica. Por último, la conexión necesariamente de cortocircuito en el rotor, le permite al sistema trabajar a dos velocidades distintas del eje en función de la velocidad del viento, precisando para ello un sistema de conmutación de los polos del devanado del inducido del estator. Estas velocidades permiten generar 100 o 400 kW/h.

Sin embargo, el bobinado no permite producir ni controlar la potencia reactiva que necesita la máquina para mantenerse magnetizada según el grado de carga. Ésta es absorbida por la red eléctrica a la que está conectada. Para solucionar esto, se dispone de un sistema adicional de aporte y control de reactiva compuesto por baterías regulables de condensadores.

La turbina de eje horizontal. Está colocado en la parte superior de la torre tubular. Existen dos ejes, uno de baja y otro de alta velocidad. El eje de baja velocidad es el cual mediante el que se transmite el par y soporta el peso de las palas. Para ello se encuentra soportado por cojinetes que transmiten las cargas a la góndola. Mientras que el eje de alta velocidad conecta la caja de cambios con el generador eléctrico.

El paso de las palas es fijo. El término paso fijo (o control stall) refiere a que una vez

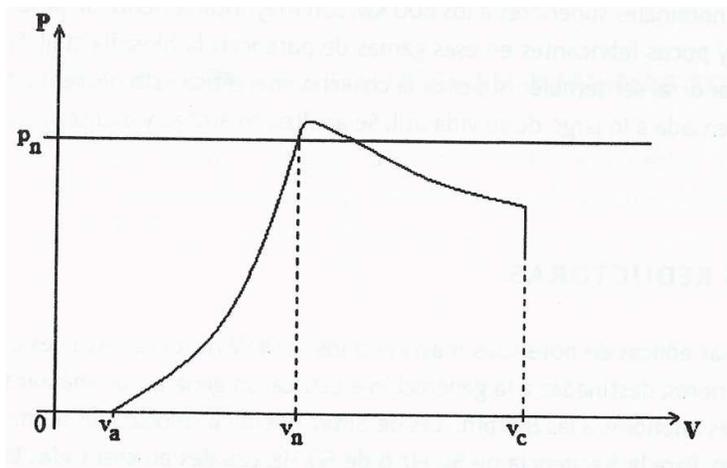


Fotografía 2.4: estación convertidora de distribución

alcanzada la potencia nominal, al aumentar la velocidad del viento la máquina aumenta algo esta potencia para luego auto proteger el generador eléctrico acoplado al entrar en pérdida por desprendimiento de la capa laminar y así captando menos energía para su conversión. Una vez alcanzada una cierta velocidad, la capa laminar se desprende por completo y la máquina es detenida por un freno mecánico de manera automática.

Esto se puede apreciar en la siguiente imagen (**Imagen 2.2**) en donde se ve graficada la potencia en función de la velocidad, y dentro de ella se distinguen la velocidad de arranque, velocidad nominal con la que se entrega la máxima potencia, y a mayores velocidades, la cosecha energética sería menor, llegando a la velocidad de corte, donde el molino se frena por cuestiones de seguridad.

Se fijan los ángulos óptimos de antemano por parte del fabricante para cada emplazamiento, de acuerdo al estudio de viento del sitio y las características constitutivas de las palas, como ser los materiales de fabricación, la cuerda, entre



**Imagen 2.2**

otros. Cuando el viento sobrepasa los valores a los que se alcanza la potencia nominal, las palas están diseñadas para que abandonen gradualmente el régimen laminar de flujo de aire a su alrededor y lentamente entra en régimen turbulento reduciendo la captación de energía, y al mismo tiempo, reduciendo las cargas. El aerogenerador deja de trabajar a aquellas velocidades en las que las palas entran en su totalidad a trabajar en régimen turbulento; bajo estas condiciones, se frena mecánicamente hasta que las condiciones de viento sean las adecuadas. He aquí la diferencia fundamental con aquellos de paso variable, en los que al alcanzar la velocidad nominal, esta se mantiene mediante la adaptación del paso de las palas para que la cosecha sea constante incluso a mayores velocidades.

Estas palas, tienen las puntas móviles, que son las que se mueven en función a la velocidad del viento.

Las palas, como ya se mencionó, son el elemento más importante del aerogenerador y deben reunir una serie de características para poder tener un desempeño adecuado. Como ser: su diseño debe ser aerodinámicamente apropiado para que se maximice la energía obtenida deben ser capaces, mediante un sistema de control adecuado, de limitar la potencia máxima a la nominal del generador, deben resistir cargas externas, minimizar peso y costos, entre otras. En cuanto al material de las palas, estas son de fibra de vidrio.



Fotografía 2.5: vista de aspas con punta variable

La generación de energía eléctrica es en función de la velocidad del viento: para velocidades bajas, produce 100 kW y a altas velocidades 400 kW. Una fórmula simple, y lejos de ser exacta, para poder calcular la conversión nominal de energía de una turbina eólica en función de su diámetro y de la velocidad del viento es la anteriormente mencionada 1.2.9.

La góndola posee una estación anemométrica que proporciona las mediciones para los cálculos posteriores de potencia producida. Además de permitir la rotación de la góndola según la dirección del viento. El peso aproximado ronda las 50 toneladas, lo que implica el uso de grúas y anexos de mayor capacidad para su ajuste.

El freno es mecánico y se encuentra presente más que nada por razones de seguridad como alternativa al freno aerodinámico.

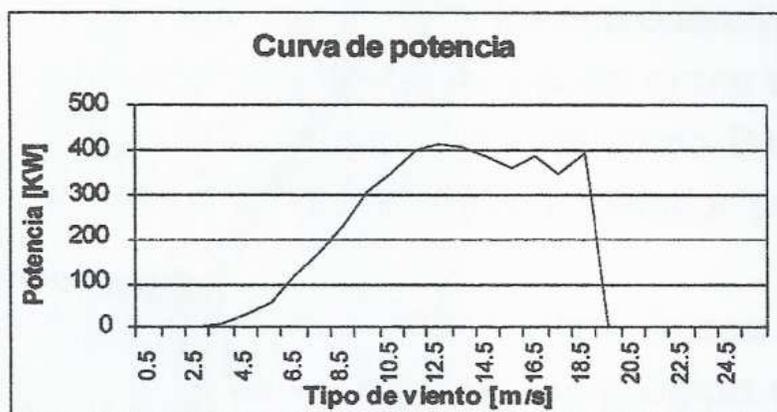


Fotografía 2.6: góndola, anemómetro y veleta

La torre es la parte que soporta la góndola y las palas a una altura apropiada, es decir que por un lado las palas no toquen el suelo, y además la altura es del orden del diámetro del rotor. Es de forma tubular, y permite el acceso a la góndola mediante una escalera interna, en su base se encuentra un área para colocar

instrumentos y tableros de control, y se demuestra que dan lugar a menos impactos de aves respecto a las reticuladas. Es de crucial importancia, durante su diseño la rigidez de la misma ya que se la puede considerar como una viga empotrada al suelo con una masa en su extremo.

Al momento de la instalación de un molino, se debe verificar que se cumpla la curva de potencia del molino contrastando la de fábrica con mediciones realizadas luego de la instalación. Para el molino en cuestión, la **Imagen 2.3** muestra la curva de potencia:



**Imagen 2.3**

## 2.2 Descripción del entorno

En cuanto a las características geográficas del sitio, como ya se aclaró el molino se encuentra en el Cerro Paralelo Punta Piedras, particularmente en la cima de éste, por lo que no cuenta con interferencias directas de cerros de mayor altura.



Esta es una característica geográfica de la zona, en la que el cordón montañoso de la Cordillera de los Andes desciende hacia el este formando mesetas (se caracterizan por ser cerros de puntas achatadas) que desembocan en el mar. Rada Tilly, se encuentra en el centro geográfico del Golfo San Jorge, y está delimitada al norte por el Cerro Punta Piedras y al sur por el Cerro Punta del Marqués. Entre ellos hay un valle, que al mismo tiempo delimita una playa de 3km de extensión. Dentro de esta descripción, el molino queda ubicado entre estos dos cerros delimitantes, mirando hacia el mar, a una altura aproximada de 200 metros sobre el nivel del mar.

Puntualmente, “rada” significa bahía pequeña, y Tilly refiere al Marqués de Casa-Tilly, quien nunca navegó los mares del sur de la Patagonia, solamente llegó hasta Colonia de Sacramento, Uruguay. Fue en 1974, cuando Juan Gutiérrez de la Concha encabezó una expedición cartográfica organizada por la Corona española, quien identificó la rada y en memoria del Marqués de Casa-Tilly la nombró así.

La meseta patagónica en general, y el área de estudio en particular, presenta marcados grados de aridez. La cubierta vegetal es baja y discontinua por la acción conjunta del viento y la actividad ganadera ovina, muchas veces practicada muy próxima al límite de capacidad de carga del lugar (algunos autores siguieren una oveja por hectárea).

La vegetación presenta los rasgos característicos que imponen las condiciones ambientales prevalecientes. Predominan los arbustos bajos, con hojas espinosas y pequeñas que reducen la pérdida de agua por transpiración. Entre los arbustos crecen pastizales que han servido al desarrollo ganadero ovino antes mencionado. Dentro de las principales especies se puede mencionar: “malaspina” y “coirón”.



**Fotografía 2.8: flora autóctona**

### **2.3 Análisis ambiental**

Teniendo en cuenta que se está en un contexto en el que los hidrocarburos son tan explotados hace ya más de 100 años, es por un lado contrastante y también motivador el desarrollo de energías limpias. No intencionado para reemplazar a las otras, sino como una alternativa de desarrollo sustentable que permita aportar a la cuota energética.

Si bien existen distintas opiniones respecto a la disposición de parques eólicos ya que se los puede considerar como una interrupción a la vista del paisaje natural, ocasiona erosión ya que se deben trazar nuevos caminos para el acceso a ellos, se altera el ecosistema natural del área, hay quienes les resulta molesto el “sonido”, entre otros. Por otro lado, la presencia de los parques eólicos se los puede ver como una modificación positiva del paisaje, que agrega cierta variedad a la vegetación, además se lo puede valorar como un atractivo turístico y como propaganda al municipio.

Los aerogeneradores son de por sí elementos altamente visibles en el paisaje. Generalmente, el sitio para el mejor aprovechamiento del potencial eólico es también el sitio desde donde la máquina será más visible. Por lo tanto sí se modifica la armonía visual del paisaje. Poder determinar si la alteración redundará en deterioro paisajístico, depende estrictamente de la percepción local de este tipo de aparatos. Generalmente las centrales eólicas son bien aceptadas por altos porcentajes de la población en donde se las instala. También es adecuado mencionar que la población patagónica está acostumbrada debido a la intensa actividad petrolera, a la existencia de artefactos no naturales en el paisaje, como ser las torres de perforación, unidades de bombeo, construcción de caminos para acceder a ellos, tanques de almacenamiento, entre otros. Por otro lado, dado el largo tiempo de parada del equipo, la población no estaría disgustada por la puesta en funcionamiento del mismo ya que anteriormente solamente se encontraba la torre y esa imagen tal vez molestaba más que el molino en funcionamiento, ya que pasa a ser una parte característica de la Villa y hace a su visualización e imagen.

Más allá de todas las opiniones que existan, generalmente las evaluaciones de impacto ambiental suelen dar resultados positivos una vez ponderada la matriz de impactos.

Por otro lado, en cuanto a los decibeles producidos, que puede ser un tema de discusión ya que existen opiniones encontradas según se encuentre o no molesto el “ruido” se puede analizar de distintos puntos de vista.

Teniendo en cuenta la siguiente clasificación de la intensidad de decibeles y la percepción al oído humano, se puede considerar los siguientes valores:

dB	Calificación
< 40	Idílico/ameno
40 – 45	Bueno
45 – 55	Claramente a
55 – 65	Aceptable
65 – 70	Tolerable
70 – 80	Intolerable
>80	Torturador

Niveles De Ruido En Las Cercanías De Una Turbina Eólica

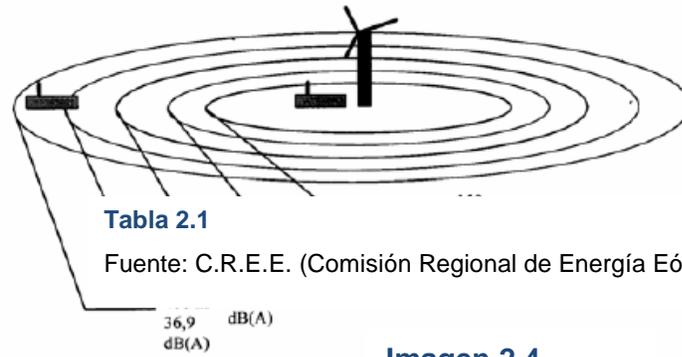
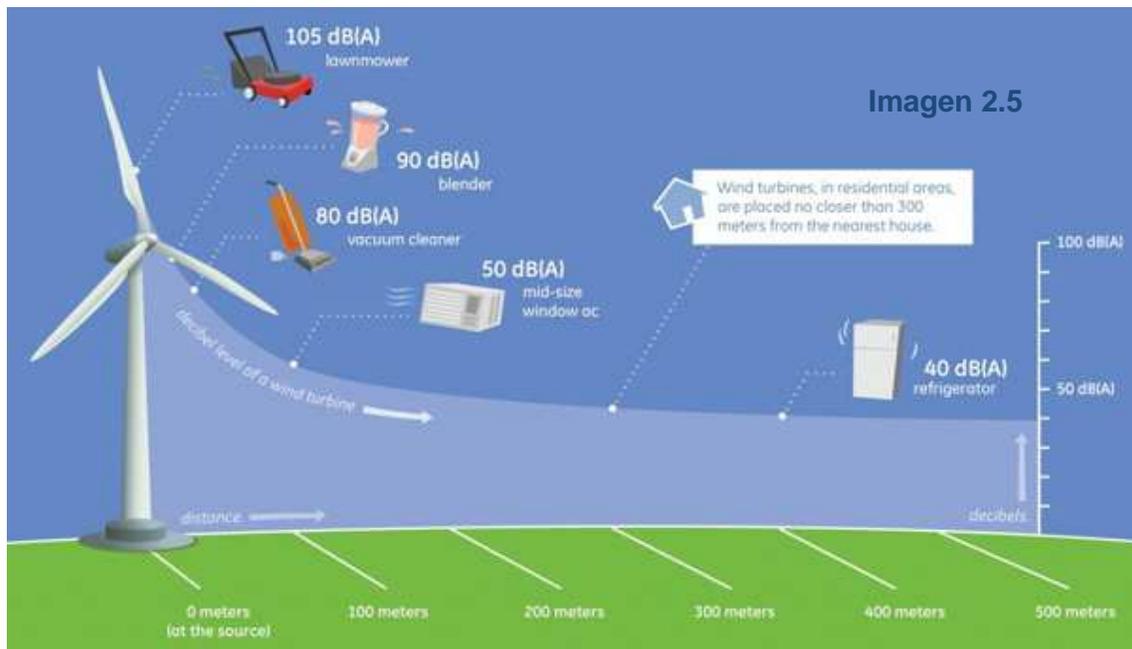


Imagen 2.4

Luego, ya analizando el caso particular de un molino eólico, se aprecia fácilmente en la **Imagen 2.4** que a un radio de tan solo 150m se miden 45,3 dB. De acuerdo a la clasificación anterior, se lo puede considerar como “bueno” y cabe destacar que no se encuentran viviendas tan próximas al aerogenerador, por lo que aquellas que efectivamente se ven afectadas por el ruido generado, no reciben más de 40dB ya que se encuentran a una distancia aproximada de 500m (de manera radial).

Por último, para poder tener una magnitud de los “40 decibeles no molestos” de un generador eólico, se lo suele comparar con artefactos de uso cotidiano. En la **Imagen 2.5**, se puede apreciar que en el sitio de emplazamiento del molino, los decibeles percibidos son similares a aquellos producidos por una máquina de cortar pasto por ejemplo. Y a una distancia de 300 metros, es de aproximadamente 40 dB (las áreas residenciales suelen localizarse a distancias incluso mayores, es decir,



más alejadas de los aerogeneradores).

Otro aspecto importante es comparar la producción en kilo vatios y compararlo a un equivalente mediante la no emisión / emisión de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono). Se considera a los “Bonos de Carbono” como uno de los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL). Este es un tema de gran importancia ya que ilustra los valores promedios de las emisiones por unidad térmica de los diferentes combustibles fósiles. En la Tabla 5.2 se muestran los componentes principales de las emisiones y sus concentraciones aproximadas.

**Tabla 2.2**

<b>Componente</b>	<b>Concentración</b>	
<b>SO<sub>x</sub></b>	7,1	g
<b>NO<sub>x</sub></b>	2,8	g
<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>1114</b>	<b>g</b>
<b>Partículas</b>	0,18	g
<b>CO</b>	0,9	g
<b>Desechos nucleares</b>	3,1	mg

Con una simple vista a la anterior tabla, es fácil reconocer que el componente más abundante es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Con una simple cuenta matemática, se puede demostrar qué tan poco nociva para el ambiente resulta la energía eólica en cuanto a concentraciones de los componentes antes mencionados. Es decir, por cada kW de energía eléctrica producido con energías no renovables implican la emisión de 1,114 kg de CO<sub>2</sub>.

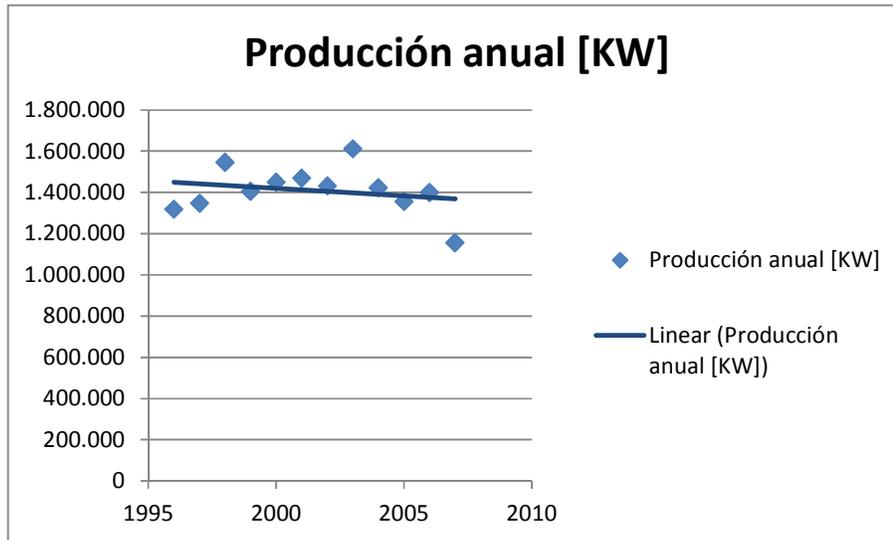
### **2.3 Datos de cosecha energética históricos**

De acuerdo a datos suministrados por COAGUA del rendimiento y potencia producida del molino desde su instalación en marzo de 1996, hasta su parada en octubre de 2007, se realizó un análisis estadístico de la variabilidad de la cosecha de potencia en esos periodos<sup>3</sup>. Se puede apreciar fácilmente a primera vista, que la producción tenía una tendencia descendente, es decir que cada año se producía menores cantidades de energía. Esto no se debe a la “falta de viento”, el recurso, sino al incremento de paradas debido a la presencia de averías o ajustes y el tiempo que se consumía en lograr dichas reparaciones.

---

<sup>3</sup> En el Anexo 1, se encuentra la totalidad de los datos suministrados con los que se procedió al análisis.

**Gráfico 2.1**



**2.4 Análisis FODA**

Teniendo en cuenta todas las consideraciones que ya se mencionaron, es conveniente realizar un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) aplicado al molino de Rada Tilly dadas todas las condiciones que lo afectan. Se aclara que tanto las fortalezas como las debilidades son internas, mientras que las oportunidades y amenazas son externas, es decir de terceros.

<p><u>Fortalezas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Localización geográfica: magnitud e intensidad del viento</li> <li>- Ahorro en costos para la planta de tratamiento de agua</li> <li>- Propaganda “verde” para el municipio y cooperativa</li> </ul>	<p><u>Debilidades:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Baja especialización del personal</li> <li>- Disponibilidad de repuestos (obsolescencia, modelo discontinuado, dificultad de entrada de componentes importados en la aduana)</li> </ul>
<p><u>Oportunidades:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proporcionar un buen mantenimiento para aprovechar la vida útil restante del molino (aproximadamente 10 años)</li> <li>- Generar un stock de repuestos con casas especializadas en ellos para no demorar reparaciones, generando vínculos de corta respuesta con éstos lugares.</li> </ul>	<p><u>Amenazas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Variabilidad del recurso</li> <li>- Baja recompensa por kWh producido</li> <li>- Cambio pronunciado en la tecnología de construcción y control de molinos eólicos (obsolescencia)</li> </ul>

### Capítulo 3: Criterios de la Metodología utilizada

Para abordar las cuestiones de mantenimiento, los criterios que se siguieron fueron aquellos correspondientes al RCM (Reliability Centered Maintenance) o Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Es una metodología que permite definir de manera sistemática estrategias de mantenimiento de máquinas y equipos. “[...] *El RCM sirve como metodología para determinar qué tipo de mantenimiento es el más adecuado para que un equipo siga cumpliendo con las funciones de diseño, tomando en consideración su contexto operacional actual*”.

En consecuencia, el RCM plantea una serie de interrogantes que prevén de input equipos identificados e inventariados. Estas son:

- 1) ¿Cuáles son las funciones y estándares de performance asociados al equipo en el contexto operacional?
- 2) ¿De qué forma puede fallar?
- 3) ¿Qué causa la falla?
- 4) ¿Qué ocurre cuando sucede la falla?
- 5) ¿Qué importancia tiene la falla?
- 6) ¿Qué se puede hacer para prevenir los fallos?
- 7) ¿Qué sucede cuando no se puede prevenir el fallo?

Una vez contextualizado el equipo y sabiendo el contexto en el que funciona, se debe establecer los criterios de trabajo en los cuales se pretende que el equipo funcione, más allá de su rendimiento actual. Las funciones del equipo se definirán como aquello que los usuarios esperan que los activos hagan, y deben coincidir con las reales posibilidades del equipo. Éstas se pueden clasificar en:

- funciones primarias: son las que describen la operación ejecutada. Son de fácil identificación y descripción;
- funciones secundarias: si bien no son tan fáciles de identificar como las primarias, su fallo pueden provocar consecuencias graves, y es por ello que demandan esfuerzos de mantenimiento comparables a las funciones primarias;
- dispositivos de seguridad: se desarrollan para reducir y tratar de eliminar la posibilidad de fallos con resultados nocivos para la seguridad de las personas. La finalidad última es evitar accidentes;
- funciones superfluas: son aquellos componentes que no tienen utilidad significativa en el uso del equipo, pero pueden generar pérdida de fiabilidad del equipo e implican inversiones de dinero y tiempo.

Se considera que los modos de fallo pueden ser causados por deterioro o desgaste del equipo, por errores humanos ya sean de operación o mantenimiento o pueden ser errores de diseño. Para poder determinarlos, existen herramientas tales como el FMECA (Failure Mode Effects Critical Analysis, o bien análisis de los efectos críticos del modo de falla). No obstante las fallas ocultas, tal como su nombre lo indica, no pueden ser detectadas con los medios que dispone el proceso y pueden generar un fallo múltiple generando grandes pérdidas.

*El proceso de análisis RCM hace una revisión de las consecuencias de falla para cada uno de los modos de falla probables y pone a las consecuencias sobre la seguridad y el ambiente como prioritarias. El método no se concentra en prevenir las fallas en sí mismas sino que se intenta evitar las consecuencias que estas fallas acarrearán, cuando estas sean importantes. Las técnicas de tratamiento de fallas se pueden considerar, como ya sabemos, en dos instancias, mediante la anticipación o la intervención para restituir el funcionamiento [...]. (Gallará, 2011, p266)*

Se propusieron, por lo tanto, dos distintos tipos de tareas a realizar: proactivas que comprenden tareas de reacondicionamiento cíclico, tareas de sustitución cíclica, y tareas cíclicas a condición o condicionales; y tareas alternativas o “a falta de” que suceden cuando no existen tareas de prevención efectivas o cuando estas no se pueden realizar por factibilidad limitada por el proceso o costos.

Asimismo, dentro de la filosofía del RCM se pueden distinguir cuatro etapas para su implementación. La primera etapa se denomina “planificación”, seguida por la “formación de grupos de análisis”, luego continúa el “análisis de resultados” y por último la “revisión, aprobación e implementación”. En el presente proyecto, se desarrolló la primera etapa (de planificación) ya que se lo consideró como una propuesta para poner en consideración y evaluación en la Cooperativa. Además, las etapas posteriores requieren el análisis y participación de un equipo multidisciplinario que esté en contacto directo con el equipo. Esta etapa de planificación implica cinco pasos o puntos que se deben verificar para una adecuada implementación. Ellos son:

- Decidir los beneficios esperados y para cuáles activos físicos
- Evaluar los recursos necesarios
- Analizar relaciones costo-beneficio
- De existir beneficio, decidir quién estará a cargo de la implementación y designar a otra persona para auditar
- Asegurarse que el contexto operacional de cada activo esté claramente comprendido.

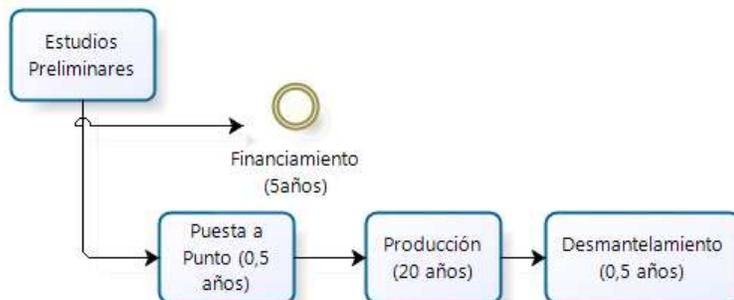
La filosofía está centrada en la confiabilidad de los equipos productivos. Se establecen los tiempos entre inspecciones preventivas y predictivas en función de la confiabilidad deseada para esos equipos. En el mantenimiento se trabaja sobre la disponibilidad de la planta como objetivo.

Para tener una imagen más clara de las condiciones en las que se encuentra el generador eólico en cuestión, se realizaron los siguientes esquemas en los que se ven plasmados los pasos que un proyecto de este tipo suele tener, y los que se tuvieron efectivamente en este caso (cubriendo los años de parada del mismo). Cabe destacar que se tuvo en cuenta como vida útil del molino 20 años, que es lo que por lo general la mayoría de los productores recomiendan. Esto se puede ver

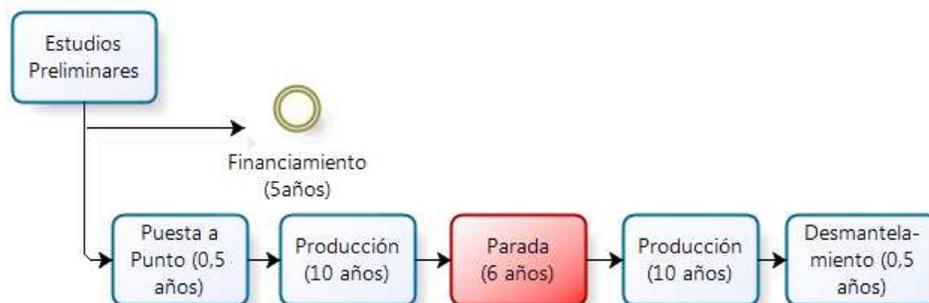
tanto mejorado como desmejorado de acuerdo a las condiciones del mantenimiento y exposición a condiciones extremas en cuanto al clima.

Además, el tiempo total calculado para el análisis comprende una primera etapa donde se desarrollan los estudios preliminares para verificar que el emplazamiento es el adecuado, y esto implica aproximadamente dos años. Seguido por dos etapas que suelen empezar, no terminar, juntas que son el financiamiento del proyecto que particularmente en este caso se hizo en cinco años, y el comienzo de la instalación y puesta a punto. Sucedido por el tiempo de operación o cosecha energética de 20 años aproximadamente, con probables paradas en el medio, que en este caso sí sucedieron. Finalmente, prosigue la etapa del desmantelamiento.

Para el caso "ideal" una idea aproximada, sería la siguiente:



Sin embargo, en realidad los pasos que se siguieron fueron:



En la práctica, se agregaron seis años a la vida del molino, ya que este fue parado por ese tiempo. Esto trajo a colación el especial cuidado que se debe tener con él, ya que todos sus componentes envejecieron de manera estática durante el período de parada, principalmente para mantenimiento ya que se deberá tener esto en cuenta; sobre todo al tratar lubricantes, sellos, rodamientos, entre otros.

## Capítulo 4: Propuesta del Plan de Mantenimiento

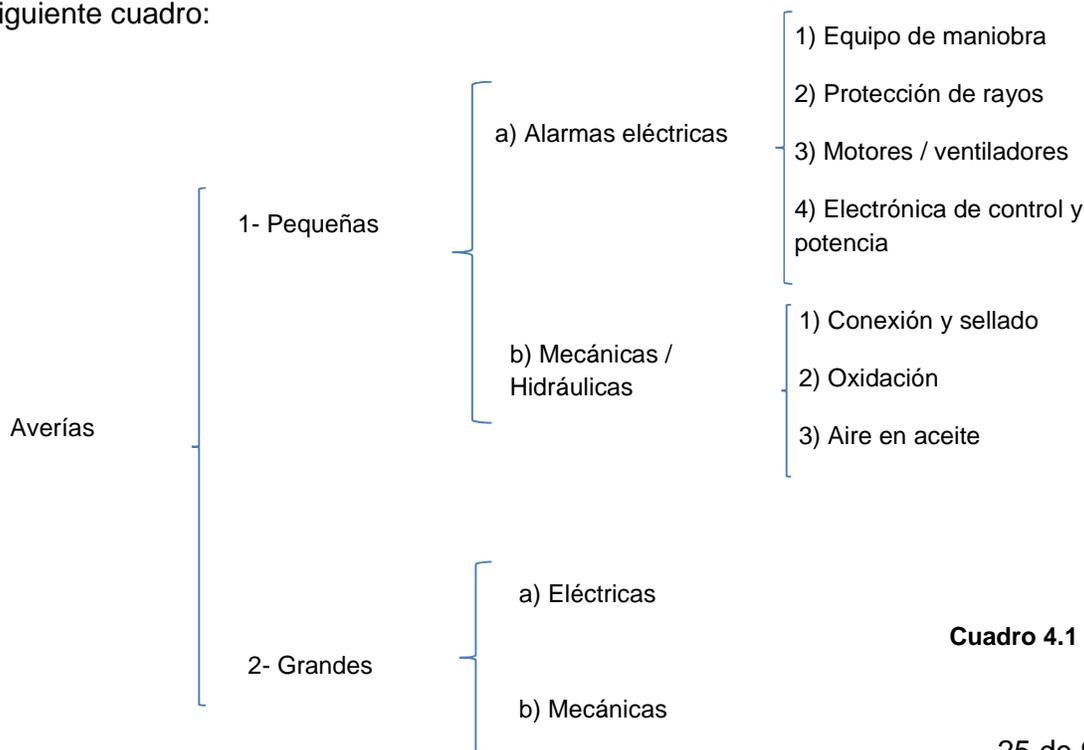
Así como se desarrolló en el capítulo anterior el criterio que se consideró para generar la propuesta del proyecto, vale la pena recordar una fortaleza del RCM: provee datos necesarios para poder entender con facilidad y decidir qué tarea proactiva es técnicamente factible en el contexto operacional dado, designa un responsable y una frecuencia de control.

Es por ello, que en este caso del molino eólico de Rada Tilly, propiedad de COAGUA, se especificarán las tareas que comprenden la etapa de planificación que se mencionaron anteriormente, ya que quedaría a criterio de la misma Cooperativa la implementación de esta planificación de implementación de RCM para el molino.

### 4.1 Fallas Frecuentes

En el contexto que ya se analizó en el que se encuentra el emplazamiento del generador, recordando los fuertes vientos de la zona y la aridez que la caracteriza, esto implica mucho polvo en suspensión tanto tierra como arena, y esta condición genera un ambiente hostil para la conservación de los componentes de los aerogeneradores. A continuación se describieron tipos de averías comunes que presentan los aerogeneradores, y que se tuvieron en cuenta para el posterior planteo de actividades a realizar.

Los tipos de fallas que se encuentran en los aerogeneradores, suelen clasificarse en dos grandes grupos: pequeñas y grandes averías, cada uno de ellos implica distintos tipos de fallas. Esquemáticamente, se pueden visualizar en el siguiente cuadro:



**Cuadro 4.1**

1- Primero, las pequeñas averías se las denomina así porque pueden ser solucionadas en poco tiempo, es decir en menos de 24 horas luego de detectadas. Pueden ser ocasionadas por:

- Condiciones de operación
- Componente reparado de manera defectuosa
- Falla de calidad o diseño de un componente
- Error humano
- Rearme de componentes

a) Los tipos de averías pueden ser de alarma eléctricas, son las que involucran el estado del anemómetro, la veleta, sensores de temperatura, velocidad, vibración, presión. Las causas que generan estas alertas son:

- Un aviso real
- Mal ajuste del sensor
- Desajuste del sensor debido al funcionamiento o por condiciones adversas

1) Dentro de las averías de alarmas eléctricas se destaca el fallo del equipo de maniobra, ya que todos los elementos de maniobra y protección pueden llegar a fallar, o viéndolo desde otro punto de vista, funcionar protegiendo selectivamente, en efecto cascada los componentes más importantes y costosos. Es decir, que se necesitará un reemplazo de relés, electro válvulas, etc. El fallo puede ser causado por:

- Fatiga del componente
- Mala conexión del cableado
- Consecuencia de otra alarma
- Fallo súbito, por ejemplo por una tormenta eléctrica
- Desgaste de escobillas
- Mala transmisión por suciedad

Para poder realizar diagnósticos adecuados, se sugiere la utilización del análisis termográfico con una cámara de aquellas condiciones que permite evaluar a simple vista áreas críticas de los equipos eléctricos sin poner en riesgo la vida del operador.

2) Además, como ya se mencionó anteriormente, el molino tiene un pararrayos, y luego de tormentas eléctricas se deben verificar los siguientes componentes:

- Pararrayos
- Panel eléctrico
- Rodamiento principal
- Palas

3) Otro tipo de pequeña avería es la de motores / ventiladores, éstas se deben a:

- Sobre intensidad por funcionamiento
- Derivación entre fases
- Problemas de rodamientos

4) Los tipos de averías que se dan en controladores, módulos de control y comunicación generalmente se deben a:

- Fallo encadenado de componentes
- Sobretensiones e intensidades de la línea
- Tormentas eléctricas
- Baja calidad de los componentes

b) Otro tipo de pequeña avería son las mecánico/hidráulicas, y principalmente se deben a la alteración del aceite. Los generadores se sobrecalientan por falta de engrase o por presencia de humedad en los rodamientos y falta de refrigeración en las bobinas, la caja multiplicadora suele tener los retenes dañados o malas conexiones entre la refrigeración hidráulica y los filtros, los sistemas hidráulicos presentan fugas y contaminación de aceite.

Las averías en el sistema hidráulico más comunes son:

- Bloqueo de componentes
- Degradación y rotura
- Fugas en el circuito

Éstas en general se deben no solo a la contaminación del aceite (aproximadamente entre el 70 y 80% de ellas), sino también por rotura mecánica del componente, mala reparación del sistema o por sobrecarga del sistema.

1) El conexionado y el sellado son de suma importancia, ya que distintas fuentes de contaminación los ponen a prueba, tales como:

- Las bombas tienden a disminuir el tamaño de las impurezas, agravando la situación
- El aceite puede contaminarse si el sellado de la tapa superior del tanque no es adecuado
- Cuando se desgasta el sistema de piezas móviles (bombas y válvulas) se crean partículas metálicas
- Cuando se trata de sistemas nuevos, ocasionalmente existe la presencia de partículas metálicas o pinturas que quedaron de la etapa de mecanizado y esto puede contaminar todo el sistema.
- Agua en suspensión puede atravesar el filtro de aire, y puede llegar a mezclarse con el aceite o condensarse en el tanque.
- Con el paso del tiempo, las juntas del cilindro se desgastan, contaminando el aceite.

2) Otro agravante a las condiciones de operación del molino es la aparición de óxido generando riesgo de corrosión grande, tanto en el aceite como en la estructura de la torre en función del material de construcción. En el caso de la oxidación del aceite, la estabilidad a la oxidación es de gran importancia para diagnosticar el comportamiento del aceite y su vida útil, ya que puede tener por consecuencia: que los ácidos formado ataquen las partes metálicas del equipo con las que entra en contacto, también puede provocar que debido a la formación de compuestos polimerizados no solubles aumenten la viscosidad del aceite y taponen los filtros reduciendo el caudal. Por otro lado, la torre se puede oxidar tanto por la erosión

propia de la geografía en la que se encuentra, como por la presencia de tierra y grandes cambios de temperatura, generando el saltado de la pintura.

3) La última pequeña avería que se menciona es la presencia de aire en el aceite. Las burbujas de aceite se presentan cuando el depósito es pequeño en relación con la demanda de aceite del sistema. La presencia de aire en grandes cantidades puede provocar la rotura de las bombas por efecto de cavitación.

2- Siguiendo por la segunda parte de la clasificación, respecto de las averías grandes, a continuación se describirán las eléctricas y mecánicas. Éstas son las que ocurren con menor frecuencia, ya que debido a su gravedad implica un tiempo de parada prolongado para conseguir los componentes principales, como la multiplicadora, generador, transformador, palas o sistema de giro. Tiene un costo asociado muy elevado por la parada y los recursos adicionales que implica para poder tratarlo adecuadamente.

Las principales causas son:

- Condiciones de funcionamiento
- Mal funcionamiento del componente
- Fallo de calidad o diseño
- Fallo humano

a) Las averías eléctricas son las más frecuentes y suelen afectar a:

- Generador: por aislamiento defectuoso, mal conexionado en el bornero, falta de aislamiento en el estator
- Transformador: sobrecalentamiento por falla de refrigeración, falta de aislamiento, mal conexionado
- Celda de Media Tensión: por fallo en los fusibles

b) Por otro lado, las fallas mecánicas en la multiplicadora se deben a la degradación y rotura de las ruedas dentadas y los piñones, con los rodamientos por falta de lubricación principalmente o por la presencia de objetos extraños que provocan daños, averías o desgastes. También puede ser causado por fatiga por flexión, fatiga por contacto o por deformación plástica.

En este mismo sentido, respecto de las fallas mecánicas, las palas presentan problemáticas relacionadas con los rodamientos de las mismas, daños como grietas o fisuras estructurales, impactos de rayos o aves, además de:

- Falta de engrase
- Contaminación de la grasa
- Vibraciones
- Mal dimensionamiento del rodamiento
- Ajuste de ángulo
- Daños estructurales de diseño

## **4.2 Descomposición de Máquina**

En la planilla adjunta, se encuentra el desarrollo de la descomposición del molino eólico antes mencionado. Esto se logró mediante la utilización del manual del molino en el que se encontraban descriptas las partes que lo integran.

Con este primer documento generado, se tiene una identificación única e irrepetible de cada parte que compone el molino. Con ello, se puede realizar un seguimiento puntual, controlando correctamente los tipos de fallas que presentó y las revisiones a las que fue sometido.

Éstas se encuentran disponibles en el apartado “Anexo 2: Descomposición de máquina”.

## **4.3 Desarrollo del programa anual de mantenimiento periódico**

Los intervalos de inspección fijados por el fabricante están identificados según la codificación mediante letras y los define del siguiente modo:

A: Primera Inspección de Service

B: Inspección de Service Semestral

C: Inspección de Service Anual

D: Inspección de Service cada dos años

E: Inspección de Service cada cinco años

La primera Inspección de Service, debe realizarse de 1 a 3 meses posteriores a que el molino es puesto en operación automática. En esta inspección se enfatiza que las uniones abulonadas sean reajustadas en un 100%, el engrase y el filtrado del aceite de la caja.

La Inspección de Service Semestral, se inician al medio año posterior a la primera inspección de service. Consiste en el engrase y en hacer una prueba por razones de seguridad del molino.

La Inspección de Service anual, consiste en la inspección semestral más un control de los componentes. Las uniones abulonadas se controlan con llaves de par limitadas. Comprende el control del 10% de cada unión, pero como mínimo dos bulones, los cuales se marcan, para asegurarse de no controlar los mismos la próxima vez. Si se ubicaran bulones sueltos durante el control, deberán ajustarse el 100% de los bulones de la unión respectiva e informarse.

La Inspección de Service cada Dos años consiste en un service anual y un reajuste de las conexiones terminales.

Por último, la Inspección de Service cada Cinco años, es un service anual: una inspección ampliada del sistema de freno de aspas, análisis y examen de aceite y grasa, control de alineación y reajuste de las conexiones terminales.

Asimismo, las actividades que se definen en cada instancia de control, se las denomina con distintas letras:

K: Control

S: Tensionar  
J: Ajustar  
SMO: Engrasar  
TE: Ensayar  
R: Informar

A cada una de estas actividades se les asigna una frecuencia, de acuerdo a las previamente definidas (A, B, C, D y/o E) para cada componente. Por lo tanto, se generó los siguientes documentos para poder tener evidencia de los controles necesarios y generar los registros correspondientes. También esto permite elaborar un calendario de actividades a tener en cuenta por lo menos para los próximos diez años, teniendo en cuenta que ya llegando a esa fecha, se deberá evaluar la posibilidad de o bien desmantelar el molino o realizar las modificaciones correspondientes para que funcione por lo menos cinco años más. Todo esto será evaluado según la relación costo/beneficio que traiga aparejado.

Se debe considerar además que existen casos de retrofitting, que son desarrollados por empresas que se especializan en ello y principalmente se enfocan en las conexiones eléctricas para que éstas estén al nivel de la calidad de las instalaciones de la red de interconectado. Buscando de manera segura y simple mejorar el nivel y maximizar la performance de los aerogeneradores. Además, en este tipo de instancias, se incorporan nuevos elementos que luego, reemplazarlos no resulta una tarea difícil, ya que son productos nuevos.

Las planillas generadas se encuentran disponibles en el “Anexo 3: Planilla de Frecuencia de Revisión” donde hay un formulario para cada parte del generador.

#### **4.4 Propuesta F.M.E.C.A. (Failure Mode Effects Critical Analysis)**

Teniendo en cuenta la descomposición de la máquina se desarrolló el análisis FMECA para algunos componentes del molino. El objetivo principal es poder determinar la criticidad de los componentes de cuarto nivel del equipo.

Se comenzó por la definición de los grados de criticidad, en función de las condiciones de operación del molino. Siendo estos niveles: muy crítico, crítico, importante y secundario. De acuerdo a ello, se logrará establecer un orden de prioridades respecto al mantenimiento de ciertos componentes. Las definiciones de los niveles de criticidad son las siguientes:

**Puntos Muy Críticos (MC):** son aquellas averías que comprometen a un componente cuyo repuesto es importado y el tiempo asociado a su entrega es mayor a las 24 horas. Implica la parada del molino.

**Puntos Críticos ( C):** son aquellas averías que comprometen a un componente nacional, cuyo repuesto se puede conseguir al rededor de las 24 horas. Implica la parada del molino.

**Puntos Importantes (I):** son aquellas averías que se pueden sortear con el stock de repuestos propio. Implica la parada del molino.

**Puntos Secundarios (S):** son averías de elementos que no comprometen el funcionamiento ininterrumpido del molino.

Para el análisis, se seleccionaron dos sub conjuntos, pensando en ellos como componentes críticos para el funcionamiento del aerogenerador. Ellos son: el MT 750-02-002-0002 con el Sistema Hidráulico componente de cuarto nivel, y el MT 750-02-002-0003 siendo la Punta de Aspa el componente de cuarto nivel. Se describieron tres tipos de averías para cada caso, y resultó que el filtro de aire y las aspas (sus puntas) son los componentes más críticos, respectivamente, de acuerdo a las definiciones antes mencionadas. Por lo que se deberá establecer una frecuencia de inspección y recambio mayor para procurar tener un funcionamiento ininterrumpido del molino. Así como la incorporación de estos ítems al inventario de repuestos disponibles.

Las planillas con las que se realizó el análisis son las siguientes:





Es pertinente destacar, que en el segundo caso de análisis, las fallas son provocadas, en los tres casos por las condiciones climáticas adversas. Esto no es un detalle menor ya que debido a la aridez de la zona y su proximidad al mar el viento trae grandes cantidades de micro partículas y humedad proveniente del mar. Sumado a esto las bajas temperaturas que se dan casi todo el año, se puede determinar que con los componentes antes mencionados hay que tener especial cuidado. Sobre todo con los sellos, que no tienen en ponderación la misma criticidad que las puntas de las aspas, pero que su frecuencia de rotura es mayor.

#### **4.5 Hojas de Información y Decisión RCM**

Ya habiendo realizado el análisis F.M.E.C.A. se tiene una idea de los componentes críticos del equipo. Por lo tanto, se utilizó esto para poder efectuar una aplicación concreta del método RCM a través de las hojas de Información y de Decisión de RCM.

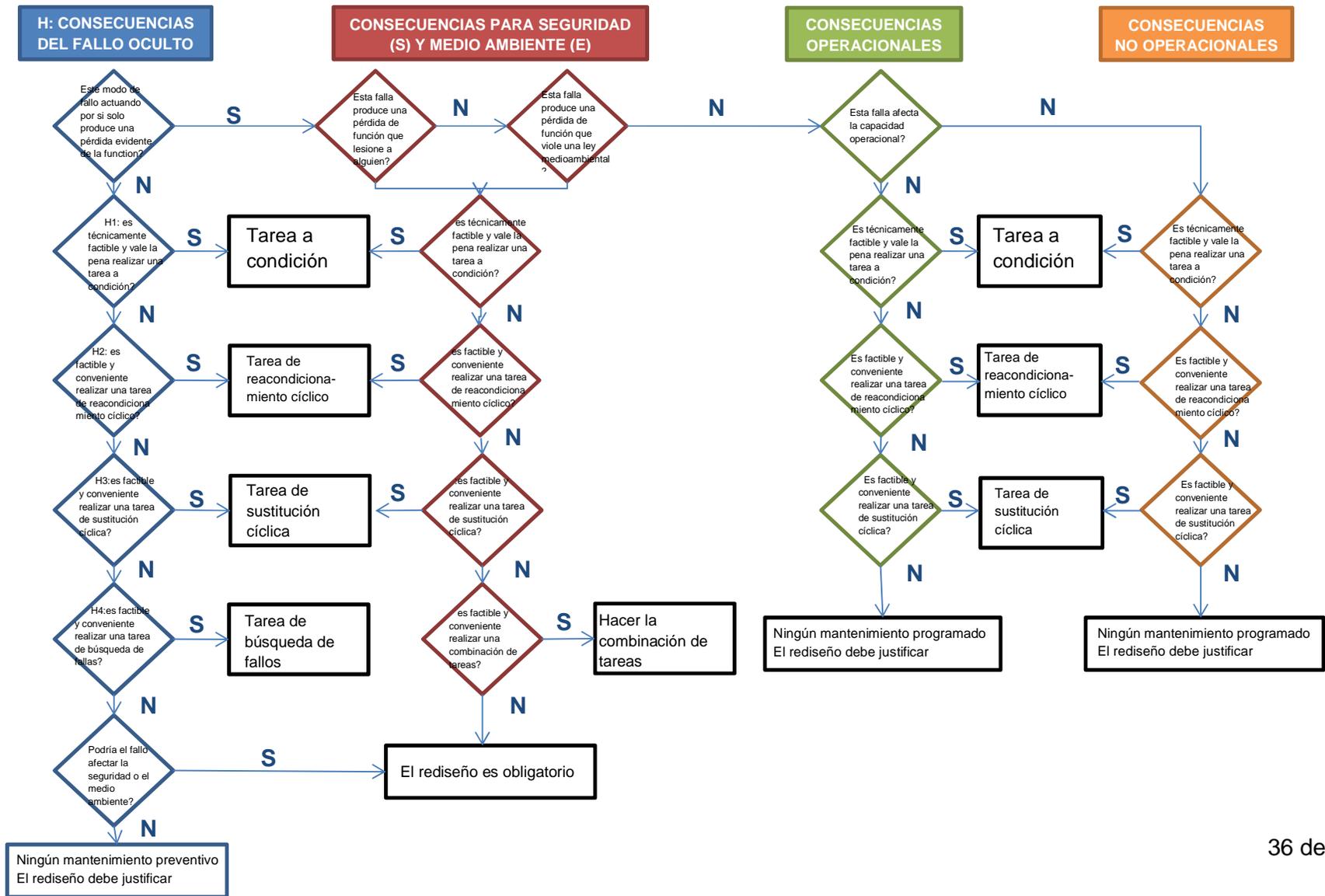
Primeramente, se elaboró la hoja de Información RCM en la que se describe la función, el fallo funcional, el modo de fallo y el efecto del mismo de un componente determinado.

En segundo lugar, se prosigue con la hoja de Decisión RCM en función de lo expresado en la hoja anterior guiado por el Diagrama de Decisión RCM. En dicho diagrama se van evaluando distintos criterios, comenzando por el análisis de fallas ocultas (H) si es que lo son; sino se prosigue con las consecuencias que puede tener sobre la seguridad (S) y el medio ambiente (E), si esto no es así, se continúa por los efectos que las fallas producen en los aspectos operativos (O).

El análisis se realizó para el freno hidráulico del aspa, considerado uno de los mecanismo críticos al momento de realizar el análisis F.M.E.C.A.. A continuación se puede encontrar dichas hojas, junto con el diagrama de decisión utilizado.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM			
Planta:		Elemento:	Fecha realización
Paque Rada Tilly		Freno Hidr. Aspa	Fecha revisión
Función (F)	Fallo Funcional (FF)	Modo de fallo (MF)	Efecto del Fallo
1- Permitir una reducción gradual de las r.p.m. del rotor del molino en función de la velocidad del viento	A- el rotor no frena	1- sellos en malas condiciones	La transmisión del movimiento no es correcta y esto induce el desgaste de otros componentes.
		2- Aspa dañada	La estructura del aspa se encuentra alterada debido al impacto de un sólido o por una inclemencia climática. Suena una alarma en el tablero de control que se transmite a la base.
		3- Punta de Aspa atascada	Es el medio que permite reducir o aumentar la velocidad, cuando se detecta, un sensor activa una alarma para que se realice un frenado manual del equipo.
		4- Rodamientos desgastados	La transmisión del movimiento no es correcta y esto induce el desgaste de otros componentes.

HOJA DE DECISIÓN DE RCM															
Planta: Parque Rada Tilly				Equipo: Molino Eólico				Fecha de realización							
				Componente: Freno Hidráulico Aspa				Fecha de revisión							
F	FF	MF	Evaluación de Efectos				Tareas proactivas			Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
			H	S	E	O	H1	H2	H3	H4	H5	S4			
							S1	S2	S3						
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	N				N	N	S				Recambio de los sellos	Anual	Encargado Mantenimiento
1	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		
1	A	3	S	N	N	S	S						Controlar la lubricación	Semestral	Encargado Mantenimiento
1	A	4	N				N	N	S				Controlar la vida útil	Semestral (según el caso)	Encargado Mantenimiento



## 4.6 Gestión de repuestos

Para poder aplicar de manera consistente la filosofía del RCM, se debería contar mínimamente con una serie de repuestos para poder abordar los problemas en tiempos menores a las 24 horas, para evitar grandes interrupciones en la producción. En vista de que se trata de un modelo discontinuado, y ante la posibilidad de conseguir todavía repuestos se sugirió la incorporación de un stock mínimo de insumos o componentes que pueden resultar claves a la hora de analizar la mayor frecuencia de rotura de los mismos.

Para poder establecer qué repuestos serán utilizados en los próximos 10 años de vida útil restantes del molino, se deberá hacer una estimación de la cantidad de paradas de mantenimiento que se deben realizar para llevar a cabo los ajustes correspondientes, y también tener en consideración las fallas frecuentes o más probables en estos equipos. Es decir, tal como propone el RCM, programar para las actividades proactivas o programadas y también para aquellas que no son programadas y que surgen a partir de una situación en la que las condiciones cambiaron.

Se sugirió por lo tanto, para confeccionar un inventario adecuado de repuestos tener una cobertura básica sobre los siguientes tópicos: lubricantes (aceites y grasas), rodamientos y los resultados del análisis F.M.E.C.A. Por un lado, la lubricación es una de las principales causas de fallas en este tipo de equipos y generan tanto pequeñas como grandes averías y su alcance puede ser extenso. Por otro lado se recomendó tener en cuenta los rodamientos ya que ellos son la causa de la última parada del molino. Del análisis F.M.E.C.A. realizado, resultó que los componentes más susceptibles a fallar son el filtro de aire y las aspas y sus puntas.

Comenzando por los lubricantes que se encuentran detallados en el manual del molino, ellos se comercializan a nivel nacional por distintas empresas y existe stock suficiente en dichos lugares. Los modos de envío son vía terrestre mediante empresas de transporte, para aquellos que no se pueden conseguir en las franquicias locales.

En la **Tabla 4.1** se encuentra en detalle, los lubricantes requeridos de acuerdo al manual del molino y a través de una investigación de los valores que se manejan de ellos y las presentaciones en las que se consiguen se estimó para los próximos diez años de operación del molino el mínimo de inventario de ellos que se debe tener para cubrir el consumo de ellos. El costo estimado de éste es de aproximadamente 5.588 euros. Esto dependerá principalmente de la relación que exista entre los costos para poder transformarlos de dólares americanos a euros. Y también de la valuación del peso argentino respecto a éste (para realizar los cálculos se llevó todos los valores a una misma unidad monetaria, para facilitar el análisis).

Por otro lado, los rodamientos son más difíciles de conseguir ya que provienen del exterior y dadas las políticas de entrada a la aduana del país se dificulta en cuanto a plazos la disponibilidad efectiva de ellos. Además los valores de

estos productos están en euros y el costo de inventario asociado es muy elevado ya que estos productos tienen un alto costo, se los debe cuidar a la hora de manipularlos y se los debe mantener en un lugar seguro para que no se dañen ni sean robados.

Existe de una marca determinada<sup>4</sup>, un conjunto de repuestos de rodamientos que se venden para uso exclusivo de molinos eólicos. Es una opción realmente buena para la situación que se presentó ya que como se ha mencionado reiteradas veces, es un problema la entrada de productos extranjeros al país, por lo tanto contando con esta serie de repuestos, se tendría cierta flexibilidad ante una gran serie de fallas.

Por otro lado, si no se considera la opción anterior como viable, debido al costo asociado al almacenamiento y adquisición de los rodamientos, se puede realizar una modificación a la forma en la que los rodamientos de mayores dimensiones se encuentran montados. Esta opción surge a partir de un producto<sup>5</sup> (un sello de goma) diseñado específicamente para este tipo de equipos bajo las condiciones de operación en un medio con alta erosión y temperaturas cambiantes. El objetivo, mediante materiales especialmente diseñados, es proporcionar un sellado mejor en el alojamiento de los rodamientos para evitar la entrada de partículas que puedan generar desgaste en ellos. De este modo, se puede llegar a disminuir la frecuencia del mantenimiento para este tipo de mecanismos.

Este sellador de goma permite que a pesar de las imperfecciones que pueda llegar a tener el alojamiento del rodamiento en el conjunto de transmisión, éste se pueda asentar de manera idónea. La ventaja de este producto, es que la empresa que lo provee dispone flexibilidad en cuanto a los tamaños que tanto los diseñadores de aerogeneradores como los usuarios finales puedan solicitar (ya que de acuerdo al fabricante, las dimensiones variarán de manera constante).

Esta última propuesta es de gran relevancia, ya que el parque eólico de la ciudad vecina de Comodoro Rivadavia cuenta con una serie de molinos eólicos (de otro fabricante) que presentaron una falla común: el mecanismo que permite que el eje del molino gire en función de la dirección del viento se presentó condiciones de rotura dada la presencia de arena en él. Esto sucedió porque el diseño del mismo no contaba con la hermeticidad adecuada para la zona. Si bien no son molinos con el mismo diseño, es un problema que provoca la parada del molino, que se podría evitar tomando las medidas necesarias.

Si bien el análisis F.M.E.C.A. demostró la importancia de la disponibilidad de los filtros de aire y las aspas con sus respectivas puntas, es importante tener en cuenta el tipo de almacenamiento que se le dará a las aspas. No solo por su gran tamaño y peso, que dificultan la movilidad, sino por el alto costo de inventario que

---

<sup>4</sup> Ver Folleto Anexo 5, Primer Catálogo "SKF wind turbine spare kits enable faster, easier maintenance"

<sup>5</sup> Ver Folleto Anexo 5, Segundo Catálogo "Reinforced all-rubber radial shaft seals for wind turbine drive trains"

tiene asociado, ya que su nivel de rotación es muy bajo. Sin mencionar que el modelo es discontinuo y no existe una amplia variedad de proveedores. Por lo tanto, la decisión de incorporar las aspas con sus respectivas puntas, estará enmarcada por la capacidad de proporcionar buenas condiciones de almacenamiento, para que no sufran deterioro y también por la capacidad económica de adquirirlas.

Siguiendo con los resultados del análisis F.M.E.C.A. los filtros de aire sí se pueden conseguir y se puede establecer que como requieren un recambio anual, unos meses antes de su sustitución ya se comience con la búsqueda de un reemplazo adicional. Por otro lado, también se puede tener en consideración la incorporación de los sellos al inventario, así como la pintura porque ambos pueden derivar en fallas mayores que pueden provocar la parada del molino por períodos prolongados, como la rotura del mecanismo de rotación de las aspas o la rotura de un aspa, respectivamente.

A continuación, luego de la tabla de gestión de Lubricantes, se encuentra la **Tabla 4.2** de gestión de repuestos en general. Allí se encuentra en detalle el costo de todos estos repuestos que se sugiere estén disponibles, y se los tendrá en cuenta al momento de realizar el análisis financiero.

**Tabla 4.1**

Gestión de  
Lubricantes

Planta: Parque Eólico Rada Tilly

Objeto	Tipo de lubricante	Cantidad	Programación anual										Stock sugerido para 10 años		Stock real según presentaciones de venta		Costo [€]
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
Freno aspa	Mobil AERO HFE	1,6 lts		x		x	x		x		x	x	9,6	litros	18,927	litros	244,14
Flap punta aspa	Molycote	1000 gr					x					x	6000	gramos	16000	gramos	735,23
Cojinete principal	Mobilith SHC	100 gr	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	2000	gramos	2126,16	gramos	86,04
Caja engranajes	Tribol	55 lts					x					x	110	litros	200	litros	3.901,35
Freno disco	Mobil AERO HFE	0,5 lts		x		x	x		x		x	x	3	litros	18,927	litros	244,14
Cojinete generador	Mobiltemp SHC	50 gr	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	1000	gramos	1020,57	gramos	47,50
Corona de giro	Mobilith SHC	400 gr	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	8000	gramos	8150,28	gramos	329,83

**Tabla 4.2**

Gestión de Repuestos

Planta: Parque Eólico Rada Tilly

Tipo de repuesto	Marca	Programación anual										Stock sugerido para 10 años		Costo [€]	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Rodamientos	SKF (caja con mix)	x											1	caja	2175
Sellos de goma	SKF	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	10	sellos	
Filtro de aire		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	10	filtros	13635,08
Pintura	Basf / Hempel	x											200	litros	*

\* se vende como servicio

## 4.7 Perfiles Profesionales

Al momento de definir el cargo que se propuso para incorporar a la estructura actual de la Cooperativa, se tendrá en cuenta el conjunto de tareas y atribuciones que la persona designada tendrá en la estructura. Considerando el siguiente personal activo en la Cooperativa: encargado o administrador, 3 personal administrativo, 1 cajero y 1 responsable del molino (operación y mantenimiento) tal como se expresa en la **Imagen 4.1**:

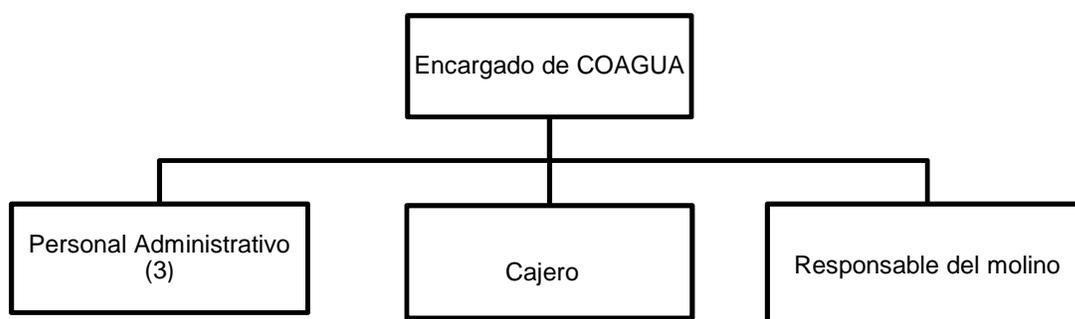


Imagen 4.1

Para poder diseñar un cargo adecuadamente, se deben poner a consideración los siguientes factores:

- Conjunto de tareas o atribuciones que deberá cumplir, o bien el contenido del cargo. Particularmente el Responsable del Molino deberá procurar, mediante la implementación del método RCM para el mantenimiento del molino, la producción ininterrumpida de energía. Además deberá mantener registro de las cosechas energéticas mensuales, generar con estos datos indicadores que permitan realizar un análisis criterioso respecto a la productividad, costos, beneficios, entre otros.
- Métodos y procesos de trabajo acorde al contenido del cargo. Los métodos y procesos a seguir, estarán estrictamente relacionados por un lado el calendario de mantenimiento que se genere en función de las necesidades del molino para poder proveer mantenimiento preventivo. Por otro lado, al momento de realizar trabajos en las inmediaciones del molino, se deberá cumplir rigurosamente con los procedimientos de seguridad apropiados.
- Relación con el nivel jerárquico superior. Esta persona dependerá únicamente del encargado de la Cooperativa; él será el encargado de verificar y auditar el trabajo que se realice y que se cumplan los procedimientos establecidos.
- Personal a cargo. En este caso, el responsable del molino no tendrá personal a cargo dado el tamaño de la cooperativa, y también porque las tareas que deberá realizar fueron diseñadas para el especialista en el tema.

En la descripción del cargo, se tienen en cuenta aspectos intrínsecos, tales como el nombre del cargo, la posición dentro del organigrama y el contenido. Pero, al momento de realizar el análisis del cargo, se ponen a consideración los aspectos extrínsecos, ya que pretende estudiar y determinar los requisitos de calificación, las responsabilidades implícitas y las condiciones que el cargo exige para un buen desempeño. Se necesita especificar los requisitos intelectuales, requisitos físicos, responsabilidades implícitas y condiciones de trabajo.

Por lo tanto, teniendo en cuenta todos estos aspectos, se pudo generar los siguientes documentos de “Descripción del Cargo” y “Análisis del Cargo”.

---

## **CARGO: Responsable del Molino COAGUA**

### **Resumen**

Responsable de mantenimiento y operación del molino eólico

### **Descripción del cargo**

- . relevar datos de producción para producir indicadores
- . realizar seguimiento sobre dichos indicadores
- . realizar tareas de operación y mantenimiento menores siguiendo cronograma
- . contacto con proveedores

---

### **Análisis del Cargo**

Requisitos intelectuales:

- . Instrucción básica: carrera de grado en ingeniería, manejo herramientas de Office, manejo del idioma inglés, carnet de conductor vigente.
- . Experiencia básica: trabajo en mantenimiento de máquinas
- . Otras aptitudes: capacidad de auto gestionarse al momento de desarrollo, proactividad.

Requerimientos físicos: agilidad para poder subir la escalera dentro de la torre del molino, capacidad para manejar

Responsabilidades

- . Contacto con proveedores
- . Activos: uso del vehículo

Condiciones de trabajo

- . Ambiente de trabajo: oficina y campo
  - . Riesgos: aquellos involucrados en el transporte hasta las inmediaciones del molino, manejo de tableros eléctricos
- 

Aquella persona que se encargue de realizar las tareas de supervisión del mantenimiento, idóneamente debe tener un puesto destinado por lo menos con la mitad de la carga horaria al análisis de datos, inspecciones y relevamientos de las condiciones del molino. A diferencia de la situación actual, en la que el director de la cooperativa es quien realiza todo esto con la ayuda del personal de ella.

Probablemente, la experiencia no sería excluyente ya que todo el conocimiento se puede obtener de las personas que ya han estado trabajando con esto, porque poseen el “know how” de las tareas administrativas, de comunicación con la empresa encargada del mantenimiento, tienen contactos de ayuda de otras granjas de energía eólica, entre otros.

En cuanto a la movilidad para el trabajo, ya que implica trasladarse desde la cooperativa, ubicada en la calle Piedrabuena 2192, Rada Tilly, hasta la cima del cerro Paralelo Punta Piedras, es provista por la misma cooperativa.

En lo que respecta a la capacitación se sugirió hacer uso de aquellos cursos que se dictan en la misma UNPSJB, u otros que se referencian en sitios oficiales de energía eólica a nivel nacional. Estos son de gran importancia no solo por su contenido, sino por la posibilidad de intercambiar experiencias con personas con mayor experiencia en el tema, o que están atravesando situaciones similares.

Esta persona junto con el encargado de la cooperativa, serían quienes conformarían el “equipo local especializado” para las tareas de mantenimiento (siguiendo las tendencias mundiales, tal como se mencionó en la introducción del capítulo). Entre ellos, deberán establecer el esquema de actividades programadas a realizar, tomando como referencia el manual del equipo, las recomendaciones del fabricante y la experiencia propia de cada uno. Asimismo, deberán planificar las paradas del equipo por tareas de mayor mantenimiento previendo la disponibilidad de repuestos e insumos.

El puesto diseñado aquí, estima una ocupación de medio tiempo del especialista, o encargado de mantenimiento. Ya que sus funciones no corresponden a un cargo de 8 horas, sino a la mitad de ellas porque las distancias que se manejan son pequeñas (no más de 10km); si las actividades son programadas debidamente se pueden distribuir en 4 horas de trabajo y eventualmente para paradas programadas, la franja horaria que presenta condiciones climáticas óptimas es muy acotada y corta por lo que con una buena programación de actividades se puede llegar a realizar horas extra para este tipo de actividades.

## **Capítulo 5: Procedimiento de Seguridad para tareas de menores de mantenimiento y operación**

Uso de EPP para las tareas de mantenimiento y medición que actualmente las realiza quien está a cargo de COAGUA. Tienen un software con el que se pueden ver los datos minuto a minuto del viento, por lo que cuando hay un error de comunicación, se debe dirigir a la torre del molino, en donde están los tableros que comandan la medición de datos que utiliza el software.

También es importante la toma de consciencia del riesgo al que se está expuesto en las inmediaciones de las instalaciones.

### **5.1 Introducción**

Para abordar este tema se debe comenzar por darse cuenta el propio lector que el ser humano es el único ser en la naturaleza que cambia su entorno para satisfacer sus necesidades, adaptando las condiciones a su medida. Tanto las necesidades como los medios de transformación de la naturaleza cambiaron según el hombre evolucionó. Cabe destacar que estas necesidades se las puede caracterizar de distintas maneras, ya que se las puede considerar como recurrentes, ilimitadas, complementarias, tienen una jerarquía y no todas ellas pueden ser satisfechas.

En vista de este análisis de las necesidades de los seres humanos y el medio un claro ejemplo del uso del medio para suplir necesidades humanas es la creación de un artefacto que utiliza la energía cinética del viento, convirtiéndola en energía mecánica mediante el movimiento de las palas del molino y estas girando el rotor, que mediante imanes, la transforma en energía eléctrica.

Se consideró como factor productivo el viento, ya que es el recurso que posibilita la obtención de energía eléctrica. Además no es una actividad extractiva, a diferencia de la tan desarrollada actividad en la zona, la extracción de petróleo y gas; se define a este tipo de producción energética como energía renovable o energía limpia ya que no agota los recursos naturales.

### **5.2 Relación trabajo – salud**

Dentro de esta caracterización del uso de la energía del viento para la producción de energía eléctrica, si bien no implica la presencia de personal en contacto directo y constante con el aerogenerador, se pueden generar situaciones de riesgo si no se tienen los recaudos suficientes.

Al relacionar el concepto de trabajo con salud, se puede considerar que, como se mencionó anteriormente, el trabajo satisface necesidades; gracias a ello se mejora la calidad de vida, que también implica la mejora de las condiciones laborales porque cuando estas no son las adecuadas, mediante el trabajo, se puede perder la salud. Esto trae como consecuencia directa, tener que dejar de trabajar para

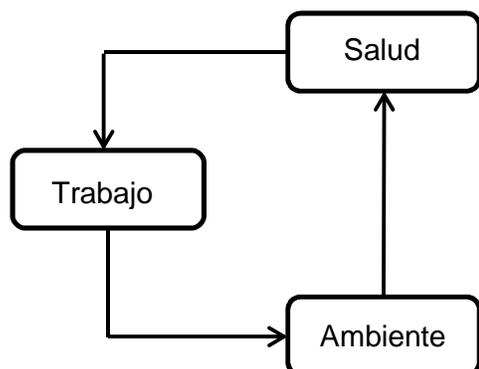
recuperar la salud y así se generan carencias que implican necesidades por lo que se vuelve a trabajar.

### 5.3 Factores laborales nocivos

En este caso, tienen suma importancia los factores materiales ambientales. Ellos son los factores de contacto que implican la interacción dinámica hombre – máquina, los factores físicos, es decir la incidencia de variables energéticas ambientales como la temperatura, la velocidad del viento, entre otros; los factores químicos en este caso no tienen influencia; si los factores biológicos, que implican flora o fauna, que pueden influir en las tareas ya que por la cercanía al mar y las aves que este trae aparejadas, pueden o bien anidar cerca del sitio, o colisionar con él, entre otros.

Por otro lado, dentro de los factores ambientales se pueden mencionar los factores psicológicos y sociales, que en este caso no se analizarán ya que se trata de la propuesta de creación de un puesto de trabajo y estos aspectos son difíciles de analizar sin un sujeto específico.

Los factores ambientales pueden causar distintas patologías y éstas, consecuencias como accidentes o enfermedades profesionales. Por lo tanto, a modo de prevención, se sugirió teniendo en cuenta la siguiente relación expresada en el **Cuadro 5.1**, un modo de operación posible para adoptar en la cooperativa.



Cuadro 5.1

Existen técnicas sanitarias tales como el examen médico de ingreso, examen médico periódico, selección profesional, educación sanitaria, entre otros, que permiten

desde un principio contar con criterios u opiniones pertinentes que facilitan la selección del personal idóneo para que la tarea se pueda cumplir de manera ininterrumpida, desde el punto de vista de la salud del personal.

Por otro lado, las llamadas técnicas no sanitarias, interceden en las condiciones ambientales, tales como la seguridad en el trabajo, higiene del trabajo, ergonomía, formación y educación, entre otros.

## **5.4 Marco regulatorio**

En todos los establecimientos laborales de la República Argentina, rige la Ley 19587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, mediante el DR 351/79. Por otro lado, se considera la Ley 24557 de Riesgos del Trabajo.

Ambas regulaciones procuran el bienestar del trabajador y su seguridad en el ámbito de trabajo por lo que se debe respetar y cumplir en la medida de lo posible. Los aspectos que en ellas se detallan, se tuvieron en cuenta al desarrollar la propuesta.

Lo interesante de estas regulaciones es que aplican a los establecimientos de trabajo, más allá del tiempo de permanencia del trabajador en el sitio. Sobre todo en este caso aplica porque el trabajador al que se refiere es quien realiza viajes programados por cuestiones de mantenimiento por un tiempo determinado que por lo general no excede la hora. Además contemplan el viaje del trabajador desde la cooperativa hasta la cima del cerro Paralelo Punta Piedras en donde se encuentra el molino.

## **5.5 Propuesta**

En vista de que los accidentes muchas veces se deben a factores de gestión ya que hay métodos y procedimientos de trabajo inadecuados o inexistentes, hay gestión operativa inadecuada, diseño y mantenimiento inadecuados, procedimientos de compras inadecuados, competencias técnicas inadecuadas, falta de recursos, entre otros; conduciendo a condiciones inseguras.

### **5.5.1 Consideraciones**

El objeto del procedimiento que se elaboró es para definir pautas a seguir respecto de normas de Seguridad e Higiene para actuar debidamente logrando prevenir accidentes para asegurar los niveles de seguridad para quienes tengan acceso a la realización de tareas de mantenimiento al molino, ya que se estará en contacto con instalaciones eléctricas.

En cuanto al alcance, se lo puede delimitar como de aplicación a todas aquellas acciones que se realicen en pos del mantenimiento y esto implique acceso a las instalaciones del aerogenerador, desde la entrada a la torre hasta el acceso a la góndola mediante la escalera interna.

El responsable de que se cumplan las instrucciones, es quien esté a cargo de la cooperativa.

Nuevamente, aclarando que si bien no se realizan las tareas más arduas de mantenimiento, entendiéndose que se realizan chequeos de los tableros, o condiciones externas del molino, se realizó un procedimiento de seguridad para acceder a la torre del molino, dentro de la cual se encuentran los tres tableros principales, y es la actividad con mayores riesgos, dentro de las cuales puede llegar a realizar esta persona.

Tal como se observa en las fotografías de la “Planilla de Frecuencia de Revisión – Equipamiento Eléctrico”<sup>6</sup> dentro de la torre, por debajo de los tableros, existe un espacio en el que se encuentran desde bidones, cajas, etc. Este accionar no es correcto ya que desde el punto de vista de la seguridad del recinto es pertinente no tener ocupada la superficie del suelo, ya que es el lugar de descenso de la escalera y puede resultar obstaculizado el descenso de ella.



**Fotografía 5.1: puerta de acceso a la torre**

Por otro lado, la entrada a la torre del molino es un hueco con forma ovalada de aproximadamente 1,7m sin embargo esta se encuentra 60cm por encima de la superficie del suelo, y para un mejor acceso se cuenta con un escalón del lado de afuera de la torre, a unos 30cm de la superficie. En consecuencia, se dificulta el acceso al recinto y si quien entra y sale no es consciente de ello puede tropezar durante la entrada y salida, y se puede accidentar severamente si no cuenta con las protecciones adecuadas: desde una simple raspadura en las manos, hasta un golpe en la cabeza. Esto sería una caída a nivel, ya que se está sobre la misma superficie y hay un obstáculo de por medio.

Por lo tanto, se sugiere la utilización de los siguientes EPP (elementos de protección personal):

- Guantes (guante de vaqueta \$ 43,5 el par)
- Casco (los precios varían entre \$20 y \$35)
- Botines de seguridad (por condiciones de humedad, manipuleo de cables) \$300

No se considera la sugerencia de tapones auditivos ya que los decibeles producidos en las inmediaciones del molino no son significativos.

Debido al acceso dificultoso, y esto implica camino de ripio con varias alternativas de acceso, se sugiere el uso de una camioneta doble tracción ya que en la zona, la época de lluvias es en el invierno y aunque los caudales de lluvia no son comparativos a los de la zona norte del país, debido a la composición arcillosa del suelo, este se torna muy barroso y es posible que un vehículo de tracción simple se encaje fácilmente. Además se evitarían situaciones indeseadas de vuelco por evitar una zona empantanada. Cabe destacar que los caminos están bien marcados, es decir, no hay flora autóctona (matas) sobre ellos, pero sus condiciones varían rápidamente si no tienen un mantenimiento adecuado. A esto se le debería agregar

<sup>6</sup> Ver Anexo 3: Planilla de Frecuencia de Revisión

una capacitación de manejo defensivo para mejorar la capacidad de respuesta de quien maneje.

Por otro lado, quien necesite ingresar a la torre, debe llegar con los EPP pertinentes, es decir que estos no se deberían almacenar dentro de la torre del molino ya que una de las situaciones de riesgo es la entrada misma a la torre. Por lo tanto, como COAGUA cuenta con un galpón al lado de las oficinas de atención al público, allí se deberá tener un lugar designado para reguardar el vehículo que se utilice, y en el mismo se podría destinar un cajón en la caja del mismo en el que se tenga el/los casco/s y pares de guantes suficientes.

Suponiendo que los botines de seguridad son conservados por el usuario, al salir de la base en COAGUA, debería verificar que los guantes que están a disposición se encuentran en buen estado, lo mismo sucedería con el casco. Al llegar a la locación, deberá colocarse el casco, seguido de los guantes y recién después de haber realizado las últimas dos acciones, podrá ingresar a la torre.

Para poder implementar dicho procedimiento, empezando por el encargado de la cooperativa, se deberán realizar trabajos de toma de conciencia para la persona encargada del mantenimiento desde el principio. Es decir, que antes de crear el puesto, se debe establecer aquellos estándares que se pretende que se cumpla para que apareciendo desde un principio como regla, tenga un significado más imperativo que si se “sugiere el uso de..”.

Conservando una visión de mejora continua, ya que existen normas internacionales que regulan este campo; más allá de hacer efectiva la certificación de la norma se podría tomar como buenas prácticas ciertos lineamientos que esta norma expresa. Esto se tomaría como una actitud proactiva por parte de la cooperativa, con la finalidad de implementar un sistema de mejora continua, siguiendo el tan conocido ciclo de Deming: PDCA (Plan, Do, Check, Act). La planeación comprendería la propuesta de la elaboración e implementación de un procedimiento de seguridad, el hacer sería elaboración misma del procedimiento de seguridad junto a su implementación, el chequear estaría dado por la experimentación, es decir luego de realizar el procedimiento verificar si cumple con los objetivos, y finalmente actuar comprendería la afectación del procedimiento a cambios ya sea por modificaciones de los objetivos o de las condiciones.

Otro aspecto fundamental que se debió tener en cuenta a la hora de definir el procedimiento fue que como el molino se encuentra distanciado de la locación de la cooperativa, es indispensable que quien se dirija a realizar cualquier tipo de actividad en el molino, sea acompañado por otra persona para cualquier situación de emergencia que pueda suceder.

### **5.5.2 Procedimiento de Seguridad sugerido.**

Teniendo en cuenta todos estos aspectos, se desarrolló un procedimiento de seguridad para la operación en el molino, que se encuentra en el **Anexo 4: Procedimiento de Seguridad.**

## Capítulo 6: Resultados

Con toda la información relevada, y el análisis realizado para el caso se establecieron los siguientes beneficios y costos de implementación y mantenimiento:

- + Ahorro en costos estimado en 400.000 dólares americanos anuales<sup>7</sup> (en la planta de tratamiento de agua);
- + Remuneración por kW producido. Si se toma 0,03\$/kW, y de media anual de producción 1.409.822,58 kW;
- Remuneración del personal especializado, es decir, de aquella persona que ocupe el puesto diseñado;
- Compra y renovación de EPP
- Mantenimiento del vehículo que se utilice, combustible, entre otros
- Gestión de repuestos adoptada (se considera la erogación inicial para adquirir los repuestos sugeridos en el capítulo anterior, y luego de ello se estima un porcentaje del costo inicial para mantener el inventario)

También se debe tener en cuenta los beneficios intangibles o no económicos que trae aparejado este tipo de tecnología, como la no emisión de dióxido de carbono, la mejora de la imagen del municipio, que hace uso de ello para no incurrir en el consumo de energía eléctrica de la red, entre otros.

Por lo tanto, llevando los beneficios y erogaciones a los que se deberá incurrir a una unidad común, se puede resumir los beneficios, de manera general en 4.473.696 dólares americanos para los diez años venideros. Los egresos asociados, representan un valor estimado de 319.023 dólares americanos, también para los diez años siguientes. Claramente, desde una visión económica el proyecto es rentable más allá de los gastos que se generen porque es muy significativo el ahorro en costos que se genera en la planta de tratamiento de agua, utilizando la energía generada mediante el molino.

Brevemente, en el siguiente cuadro, de situación económica termina de clarificar lo antes mencionado.

---

<sup>7</sup> Este valor es obtenido según una estimación brindada por el contacto en la Cooperativa.

Activo	Valor Unitario	Cantidad	Vida Útil Contable	Valor de Salvamento	Depreciación
generador eólico	2000000,00	1	10	30%	140000,00

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Utilidades</b>										
Ahorro en costos	0	400.000	400.000	400.000	400.000	400.000	400.000	400.000	400.000	400.000
Ganacia por kW	0	6.700	6.700	6.700	6.700	6.700	6.700	6.700	6.700	6.700
<b>Gastos</b>										
Mant. EPP	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160
Remuneración	-22.970	-22.970	-22.970	-22.970	-22.970	-22.970	-22.970	-22.970	-22.970	-22.970
Mant. Vehículo	-2.871	-2.871	-2.871	-2.871	-2.871	-2.871	-2.871	-2.871	-2.871	-2.871
Repuestos	-3.853	-973	-862	-973	-4.162	-862	-973	-862	-973	-4.162
Depreciación	-140.000	-140.000	-140.000	-140.000	-140.000	-140.000	-140.000	-140.000	-140.000	-140.000
Valor Salvamento										600.000
Inversión Reacond.										-2.000.000
<b>(sumatoria)</b>	-169.854	239.725	239.837	239.725	236.536	239.837	239.725	239.837	239.725	-1.163.464
<b>(acumulado)</b>	-169.854	69.871	309.708	549.433	785.970	1.025.807	1.265.532	1.505.369	1.745.094	581.631

**VAN** \$535.387,82

**TIR** 141 %

En este caso, se tomó el ahorro en costos de la planta de tratamiento de agua como un beneficio ya que son costos que no se deben afrontar. La ganancia por kW producido se calcula por 0,03 \$/kWh. Luego, las estimaciones de los egresos fueron calculadas según lo expuesto a lo largo del desarrollo.

La moneda utilizada para el análisis son dólares americanos.

Se consideran los costos de adquisición del molino, y los de puesta en marcha del año 1996 como costos hundidos, ya que su totalidad fue abonada. El análisis se realizó en vista a los próximos, y posiblemente últimos, diez años de operación del molino.

En el año 2013 no se registraron días de producción por lo que solo se consideraron los gastos de adquisición de repuestos, EPP, salarios.

Se presupone en el año 2023 una inversión equivalente a aquella realizada al momento de la adquisición del molino; no para comprar uno nuevo, sino para realizar los ajustes necesarios como para prolongar su vida útil (ya que a los 10 años sufrió un reacondicionamiento debido a la parada en la mitad de su vida).

De acuerdo al análisis financiero, el indicador VAN (Valor Actual Neto) que compara todos los ingresos y egresos del proyecto en un único momento, representa cuánto más se ganará sobre una inversión alternativa que provee una rentabilidad definida por la TAR (Tasa Atractiva de Rentabilidad). Para el análisis la TAR utilizada fue del 12%, valor que según fuentes locales es el utilizado para este tipo de proyectos. En la medida que el VAN sea mayor o igual a cero, se puede evaluar al proyecto como económicamente conveniente.

Por otro lado, la TIR (Tasa Interna de Rentabilidad) es un indicador que busca determinar hasta qué valor puede el inversionista aumentar la tasa de descuento exigida. Este concepto supone que los flujos de fondos son reinvertidos a la misma tasa durante todo el horizonte de evaluación.

Ambos indicadores obtenidos presentan valores mayores a cero y también son elevados. Por lo que desde el punto de vista financiero, la propuesta es factible.

## Capítulo 7: Conclusiones

La realidad que afrontó el molino de Rada Tilly, de estar parado por 7 años, no alentó la buena opinión de los habitantes de la villa balnearia respecto del uso de energías limpias o renovables.

Es necesario trabajar sobre esta imagen y revertirla para fomentar la toma de conciencia sobre el uso de los recursos naturales renovables. Sobre todo, porque se encuentra en un medio de explotación de recursos naturales no renovables muy desarrollado, como son las industrias petrolera y pesquera.

Partiendo por el beneficio ambiental, de imagen (utilizado también como propaganda para el municipio), asimismo el beneficio es económico: mantener en funcionamiento el molino es rentable, más allá de los gastos que hay que afrontar para la implementación del inventario, las actividades relativas a la seguridad de las personas, y la incorporación de personal.

Es realmente llamativo notar que un municipio con 12.000 habitantes, tenga entre de sus activos un molino eólico que presentó récord de producción mundial dentro de su gama. Todavía no es tarde para que se tomen las medidas pertinentes para volver a tener volúmenes de producción disponibles para utilizar en la planta de tratamiento de agua y vender el sobrante a la cooperativa de luz de la ciudad vecina de Comodoro Rivadavia.

En virtud de ello es que se desarrolló este proyecto para demostrar que desde el punto de vista del cual se evalúe es provechoso tener el molino en condiciones apropiadas de funcionamiento. Entendiendo que esas condiciones siempre pueden ser mejoradas, como por ejemplo con las propuestas que ya se definieron, como la gestión de repuestos, la implementación de mantenimiento basado en la confiabilidad, la incorporación de personal, entre otros.

Retomando los objetivos que fueron planteados inicialmente respecto a la elaboración del plan de mantenimiento con un enfoque RCM, la confección del procedimiento de seguridad y el análisis de beneficios ambientales, es adecuado analizar que éstas son herramientas de gran utilidad para enfrentar el tema de puesta en marcha del generador. No solo sirven como herramientas sino también como fundamento para demostrar las múltiples áreas de impacto positivo que tiene la generación eólica en contrapartida con la actividad de predominio en la región, que es la extracción de petróleo.

## Capítulo 8: Bibliografía

- CHIAVENATO, Idalberto. 2004. Administración de Recursos Humanos. 5ª edición. Colombia: Mc Graw Hill.
- ESCUADERO LOPEZ, José M, et al. 2004. Manual de Energía Eólica. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- DE JUANA, José María, et al. 2009. Energías Renovables para el Desarrollo. 1ª Edición 3ª reimpresión. Madrid: Paraninfo.
- SAMULAT, GERHARD. 2014. El futuro de la Energía Eólica. *Temas 75* En: volumen “El Futuro de la Energía I”, páginas 22 a 30.
- SPINADEL, Erico. 2009. Energía Eólica: un enfoque sistémico multidisciplinario destinado a países en vía de desarrollo. Buenos Aires: Nueva Librería.

### Páginas web consultadas:

- <http://www.lmwindpower.com/Rotor-Blades>
- <http://www.mita-teknik.com>
- <http://www.skf.com>
- <http://www.bonfiglioli.com/en>

## Capítulo 9: Anexos

### Anexo 1: tabla de datos suministrados de potencia producida

	Fecha Lectura	% (rendimiento)	Producción mensual	Producción Diaria	Producción Acumulada
1996	Marzo	26,39	78.523	2617,45	78.523
	Abril	54,46	156.843	5228,10	235.366
	Mayo	52,65	156.682	5222,74	392.048
	Junio	35,13	101.163	3372,11	493.211
	Julio	33,03	98.301	3276,68	591.512
	Agosto	44,97	133.841	4461,37	725.353
	Septiembre	52,29	150.597	5019,90	875.950
	Octubre	42,59	126.755	4225,17	1.002.705
	Noviembre	64,91	186.936	6231,20	1.189.641
	Diciembre	43,47	129.370	4312,33	1.319.011
<b>PROMEDIO ANUAL</b>			<b>131.901</b>		<b>1.319.011</b>
1997	Enero	59,07	175.780	5859,33	1.494.791
	Febrero	47,39	127.386	4246,20	1.622.177
	Marzo	31,36	93.319	3110,63	1.715.496
	Abril	48,14	138.642	4621,40	1.854.138
	Mayo	26,75	79.607	2653,57	1.933.745
	Junio	34,34	98.896	3296,53	2.032.641
	Julio	41,01	122.057	4068,57	2.154.698
	Agosto	42,19	125.562	4185,40	2.280.260
	Septiembre	25,79	74.270	2475,67	2.354.530
	Octubre	31,92	94.997	3166,57	2.449.527

	Fecha Lectura	% (rendimiento)	Producción mensual	Producción Diaria	Producción Acumulada
	Noviembre	39,4	113.467	3782,23	2.562.994
	Diciembre	34,96	104.026	3467,53	2.667.020
<b>PROMEDIO ANUAL</b>			<b>112.334</b>		<b>1.348.009</b>
1998	Enero	52,11	155.077	5169,23	2.822.097
	Febrero	21,01	56.462	1882,07	2.878.559
	Marzo	40,34	120.043	4001,43	2.998.602
	Abril	20,07	57.799	1926,63	3.056.401
	Mayo	26,73	79.562	2652,07	3.135.963
	Junio	36,17	104.157	3471,90	3.240.120
	Julio	67,86	201.950	6731,67	3.442.070
	Agosto	64,42	191.727	6390,90	3.633.797
	Septiembre	35,76	102.986	3432,87	3.736.783
	Octubre	63,29	188.342	6278,07	3.925.125
	Noviembre	52,29	150.589	5019,63	4.075.714
	Diciembre	46,09	137.163	4572,10	4.212.877
<b>PROMEDIO ANUAL</b>			<b>128.821</b>		<b>1.545.857</b>
1999	Enero	33,32	99.175	3305,83	4.312.052
	Febrero	45,17	121.428	4047,60	4.433.480
	Marzo	27,18	80.902	2696,73	4.514.382
	Abril	36,83	106.061	3535,37	4.620.443
	Mayo	45,82	136.366	4545,53	4.756.809
	Junio	38,81	111.785	3726,17	4.868.594
	Julio	43,23	128.661	4288,70	4.997.255

	Fecha Lectura	% (rendimiento)	Producción mensual	Producción Diaria	Producción Acumulada
	Agosto	41,72	124.156	4138,53	5.121.411
	Septiembre	34,81	100.252	3341,73	5.221.663
	Octubre	42	124.985	4166,17	5.346.648
	Noviembre	43,02	123.892	4129,73	5.470.540
	Diciembre	49,56	147.397	4913,23	5.617.937
<b>PROMEDIO ANUAL</b>			<b>117.088</b>		<b>1.405.060</b>
2000	Enero	56,16	167.136	5571,20	5.785.073
	Febrero	35,01	94.097	3136,57	5.879.170
	Marzo	35,01	104.179	3472,63	5.983.349
	Abril	39,9	114.901	3830,03	6.098.250
	Mayo	33,81	100.613	3353,77	6.198.863
	Junio	31,8	91.572	3052,40	6.290.435
	Julio	41,58	123.733	4124,43	6.414.168
	Agosto	37,86	112.673	3755,77	6.526.841
	Septiembre	30,18	86.912	2897,07	6.613.753
	Octubre	37,2	110.717	3690,57	6.724.470
	Noviembre	49,31	142.024	4734,13	6.866.494
	Diciembre	67,91	202.097	6736,57	7.068.591
<b>PROMEDIO ANUAL</b>			<b>120.888</b>		<b>1.450.654</b>
2001	Enero	61,37	182.623	6087,43	7.251.214
	Febrero	58,79	163.675	5455,83	7.414.889
	Marzo	39,11	116.387	3879,57	7.531.276
	Abril	51,67	148.806	4960,20	7.680.082

	Fecha Lectura	% (rendimiento)	Producción mensual	Producción Diaria	Producción Acumulada
	Mayo	32,38	96.375	3212,50	7.776.457
	Junio	41,87	120.587	4019,57	7.897.044
	Julio	28,63	85.212	2840,40	7.982.256
	Agosto	36,46	108.500	3616,67	8.090.756
	Septiembre	29,91	86.145	2871,50	8.176.901
	Octubre	25,59	76.147	2538,23	8.253.048
	Noviembre	57,42	165.365	5512,17	8.418.413
	Diciembre	40,17	119.559	3985,30	8.537.972
	<b>PROMEDIO ANUAL</b>		<b>122.448</b>		<b>1.469.381</b>
2002	Enero	37,99	113.060	3768,67	8.651.032
	Febrero	38,45	103.364	3445,47	8.754.396
	Marzo	43,69	130.021	4334,03	8.884.417
	Abril	58,1	167.336	5577,87	9.051.753
	Mayo	37,13	110.484	3682,80	9.162.237
	Junio	40,88	117.721	3924,03	9.279.958
	Julio	34,3	102.085	3402,83	9.382.043
	Agosto	28,99	86.263	2875,43	9.468.306
	Septiembre	30,09	86.662	2888,73	9.554.968
	Octubre	57,55	171.278	5709,27	9.726.246
	Noviembre	40,69	117.193	3906,43	9.843.439
	Diciembre	42,65	126.920	4230,67	9.970.359
	<b>PROMEDIO ANUAL</b>		<b>119.366</b>		<b>1.432.387</b>
2003	Enero	50,26	149.578	4985,93	10.119.937

	Fecha Lectura	% (rendimiento)	Producción mensual	Producción Diaria	Producción Acumulada
	Febrero	59,94	161.111	5370,37	10.281.048
	Marzo	36,68	109.158	3638,60	10.390.206
	Abril	30,33	87.340	2911,33	10.477.546
	Mayo	46,5	138.393	4613,10	10.615.939
	Junio	37,54	108.119	3603,97	10.724.058
	Julio	53,82	160.155	5338,50	10.884.213
	Agosto	41,05	122.171	4072,37	11.006.384
	Septiembre	46,5	133.910	4463,67	11.140.294
	Octubre	45,22	134.584	4486,13	11.274.878
	Noviembre	52,11	150.077	5002,57	11.424.955
	Diciembre	52,86	157.304	5243,47	11.582.259
<b>PROMEDIO ANUAL</b>			<b>134.325</b>		<b>1.611.900</b>
2004	Enero	42,3	125.876	4195,87	11.708.135
	Febrero	16,48	45.886	1529,53	11.754.021
	Marzo	42,46	126.353	4211,77	11.880.374
	Abril	54,38	156.614	5220,47	12.036.988
	Mayo	21,68	64.534	2151,13	12.101.522
	Junio	63,34	182.418	6080,60	12.283.940
	Julio	34,28	102.019	3400,63	12.385.959
	Agosto	24,64	73.330	2444,33	12.459.289
	Septiembre	54,51	157.001	5233,37	12.616.290
	Octubre	43,93	130.749	4358,30	12.747.039
	Noviembre	32,05	92.308	3076,93	12.839.347

	Fecha Lectura	% (rendimiento)	Producción mensual	Producción Diaria	Producción Acumulada
	Diciembre	55,61	165.484	5516,13	13.004.831
	<b>PROMEDIO ANUAL</b>		<b>118.548</b>		<b>1.422.572</b>
2005	Enero	45,78	136.228	4540,93	13.141.059
	Febrero	22,98	61.770	2059,00	13.202.829
	Marzo	44,42	132.187	4406,23	13.335.016
	Abril	56,27	162.052	5401,73	13.497.068
	Mayo	48,44	144.153	4805,10	13.641.221
	Junio	43,02	123.899	4129,97	13.765.120
	Julio	33,99	101.155	3371,83	13.866.275
	Agosto	34,08	101.413	3380,43	13.967.688
	Septiembre	36,73	105.787	3526,23	14.073.475
	Octubre	33,29	99.069	3302,30	14.172.544
	Noviembre	44,15	127.158	4238,60	14.299.702
	Diciembre	20,61	61.337	2044,57	14.361.039
	<b>PROMEDIO ANUAL</b>		<b>113.017</b>		<b>1.356.208</b>
2006	Enero	42,84	127.489	4249,63	14.488.528
	Febrero	26,27	70.603	2353,43	14.559.131
	Marzo	50,76	151.055	5035,17	14.710.186
	Abril	42,34	121.936	4064,53	14.832.122
	Mayo	27,55	81.974	2732,47	14.914.096
	Junio	35,23	101.453	3381,77	15.015.549
	Julio	43,47	129.366	4312,20	15.144.915
	Agosto	37,51	111.641	3721,37	15.256.556

	Fecha Lectura	% (rendimiento)	Producción mensual	Producción Diaria	Producción Acumulada
	Septiembre	40,26	115.956	3865,20	15.372.512
	Octubre	17,19	51.165	1705,50	15.423.677
	Noviembre	59,57	171.572	5719,07	15.595.249
	Diciembre	55,76	165.934	5531,13	15.761.183
<b>PROMEDIO ANUAL</b>			<b>116.679</b>		<b>1.400.144</b>
2007	Enero	38,41	114.299	3809,97	15.875.482
	Febrero	36	96.774	3225,80	15.972.256
	Marzo	36,76	109.395	3646,50	16.081.651
	Abril	54,55	157.100	5236,67	16.238.751
	Mayo	311,9	94.924	3164,13	16.333.675
	Junio	52,63	151.566	5052,20	16.485.241
	Julio	38,53	114.660	3822,00	16.599.901
	Agosto	40,42	120.288	4009,60	16.720.189
	Septiembre	28,38	81.746	2724,87	16.801.935
	Octubre	38,96	115.936	3864,53	16.917.871
<b>PROMEDIO ANUAL</b>			<b>115.669</b>		<b>1.156.688</b>

## Anexo 2: Descomposición de máquina

	DESCOMPOSICIÓN DE MÁQUINA
--	---------------------------

<b>PLANTA:</b>	<b>Parque Eólico Rada Tilly</b>
----------------	---------------------------------

PREPARO: Dekker,  
Denise A

FECHA: 2013

REVISIÓN: 01

Criticidad	1er NIVEL		2do NIVEL		3er NIVEL		4to NIVEL		
	Inventario	Descomp. Equipo	Código	Descrip. Conj.	Código	Descrip. Sub Conj.	Código	Descrip. Componente	Código Descomp.
	M750	Molino Eólico NEG MICON 750	01	TORRE	001	Bulones torre	0001	Cordones de Soldadura	M750-01-001-0001
					002	Puerta			M750-01-002
					003	Puerta Aspa			M750-01-003
					004	Borde Superior			M750-01-004
					005	Descansos			M750-01-005
					006	Escalera			M750-01-006

					007	Protección anticorrosiva			M750-01-007
					008	Equipo seguridad			M750-01-008
			02	ROTOR	001	Aspas			
					002	Freno Aspa Sist. Hidr. Aspa	0001	Bulones Sist. Hidráulico	M750-02-002-0001
							0002	Hermetic. Sist. Hidr.	M750-02-002-0002
							0003	Disparo Punta Aspa	M750-02-002-0003
							0004	Filtro	M750-02-002-0004
							0005	Mangueras Presión	M750-02-002-0005
							0006	Cambio de Aceite	M750-02-002-0006
							0007	Presión de Salida Depósito Acumulador	M750-02-002-0007
							0008	Protección Anticorrosiva	M750-02-002-0008

					003	Maza aspas y extensiones			M750-02-003
					004	Bulones maza / aspas / ext.			M750-02-004
					005	Giro			M750-02-005
			03	TRANSMISIÓN	001	Bulones maza / eje ppal.			M750-03-001
					002	Caja cojinete ppal.			M750-03-002
					003	Juntas			M750-03-003
					004	Bulones Caja coj / bastid.			M750-03-004
					005	Disco de Contracción			M750-03-005
					006	Eje Principal			M750-03-006
					007	Cojinete Ppal.			M750-03-007
			04	CAJA DE ENGRANAJES	001	Disco de contracción / eje ppal			M750-04-001
					002	Juntas			M750-04-002

					003	Nivel de aceite		M750-04-003
					004	Respiradero		M750-04-004
					005	Filtrado aceite transm.		M750-04-005
					006	Engranajes		M750-04-006
					007	Muestras de aceite		M750-04-007
					008	Enfriador de Aceite		M750-04-008
			05	APOYO TRANSMISIÓN	001	Elemento de goma		M750-05-001
					002	Bulones de apoyo/caja engr.		M750-05-002
					003	Bulones apoyo/bastidor		M750-05-003
			06	DISCO DE FRENO	001	Superficie de frenado		M750-06-001
					002	Bulones maza fr / caja engr		M750-06-002
					003	Disco de contracción maza		M750-06-003

						freno/caja engranajes		
			07	FRENO HIDRÁULICO	001	Bulones freno/consola		M750-07-001
					002	Bul. Cons. Freno/caja engr		M750-07-002
					003	Aceite Hidráulico		M750-07-003
					004	Heredad del sist. Hidráulico		M750-07-004
					005	ajuste pastillas de freno		M750-07-005
			08	ACOPLAMIENTO	001	Elemento de Centaflex		M750-08-001
					002	Bul. Centaflex/caño ctr.		M750-08-002
					003	Bul. Centaflex/freno y gen.		M750-08-003
					004	Alineación		M750-08-004
			09	GENERADOR	001	Bul. Gener./travezaños		M750-09-001

					002	Bul. Trav/ amort. Vibrac.			M750-09-002
					003	Empaquetadura			M750-09-003
					004	Alineación Gen.			M750-09-004
					005	Terminales en conexión de cables ppales.			M750-09-005
					006	Limpieza del generador			M750-09-006
			10	ARO DE GIRO	001	Bul. Aro giro/ torre/ bastidor			M750-10-001
					002	Junta			M750-10-002
					003	Aro dentado			M750-10-003
					004	Lubricación de la corona de giro			M750-10-004
					005	Lubricación del aro de giro			M750-10-005
			11	TRANSMISIÓN DE GIRO	001	Bulón transimisión de giro / bastidor			M750-11-001
					002	Nivel de aceite			M750-11-002

					003	Juntas		M750-11-003
					004	Motor de Giro con freno		M750-11-004
					005	Ruedas dentadas de giro		M750-11-005
					006	Luz entre rueda dentada y corona		M750-11-006
					007	Lubricación		M750-11-007
			12	FRENO DE GIRO	001	Cinta de freno		M750-12-001
					002	Espacio Libre Cojinete		M750-12-002
					003	Juntas		M750-12-003
					004	Luz entre rueda dentada y corona		M750-12-004
					005	Rueda dentada		M750-12-005
					006	Lubricación		M750-12-006
					007	Bul. Freno de giro/bastidor		M750-12-007

			13	BASTIDOR	001	Cost. Sold. Placa Cojinete		M750-13-001
					002	Cost. Sold./ placa giro		M750-13-002
					003	Cost. Sold./soporte transmisión		M750-13-003
					004	Otras Soldaduras		M750-13-004
					005	Protección anticorrosiva		M750-13-005
			14	TAPA CABEZAL	001	Bulones tapa/ bastidor		M750-14-001
					002	Otras Uniones		M750-14-002
					003	Bisagras		M750-14-003
					004	Amortiguadores a gas y articulación esférica		M750-14-004
					005	Dispositivo de cierre		M750-14-005
					006	Protección anticorrosiva		M750-14-006

			15	EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO	001	Tablero de mando		M750-15-001
					002	Tablero de control		M750-15-002
					003	Otros Tableros		M750-15-003
					004	Fijación de cables		M750-15-004
					005	Caja superior		M750-15-005
					006	Interr. Cables. Enrosc.		M750-15-006
					007	Tacómetro rotor		M750-15-007
					008	Sensor de vibraciones		M750-15-008
					009	Pastillas de freno gastadas		M750-15-009
					010	Veleta		M750-15-010
					011	Anemómetro		M750-15-011
					012	Sensor de temperatura		M750-15-012
					013	Cables y Juntas		M750-15-013

					014	Sensor de giro		M750-15-014
					015	Tacómetro generador		M750-15-015
			16	PRUEBA DE MARCHA	001	Acople del generador		M750-16-001
					002	Posición del cabezal en el viento		M750-16-002
					003	Ruidos y Vibraciones		M750-16-003
					004	Frenado		M750-16-004
					005	Ventilación de frenos de aspa		M750-16-005

### Anexo 3: Planilla de Frecuencia de Revisión

#### PLANILLA DE FRECUENCIA DE REVISIÓN

Conjunto: **TORRE**

Parque Eólico Rada Tilly

Versión 01

Subconjunto		Componente		K	S	J	SMO	TE	R
Código	Descrip. Sub Conj.	Código	Descrip. Componente						
001	Bulones torre	0001	Cordones de Soldadura	C	C				
002	Puerta			C					
003	Puerta Aspa			C					
004	Borde Superior			C					
005	Descansos			C					
006	Escalera			C					
007	Protección anticorrosiva				C				
008	Equipo seguridad				C				



## PLANILLA DE FRECUENCIA DE REVISIÓN

Conjunto: **ROTOR**

Parque Eólico Rada Tilly

Versión 01

Subconjunto		Componente		K	S	J	SMO	TE	R
Código	Descrip. Sub Conj.	Código	Descripc. Componente						
001	Aspas			C					
002	Freno Aspa Sist. Hidr. Aspa	0001	Bulones Sist. Hidráulico	C					
		0002	Hermetic. Sist. Hidr.	B-C				E	E
		0003	Disparo Punta Aspa			C		C	
		0004	Filtro	E (cambiar)					
		0005	Mangueras Presión		B-C				
		0006	Cambio de Aceite				D		
		0007	Presión de Salida Depósito Acumulador	C		C			
		0008	Protección Anticorrosiva	C					
003	Maza aspas y extensiones			C					
004	Bulones maza / aspas / ext.			C					
005	Giro			B-C					

## PLANILLA DE FRECUENCIA DE REVISIÓN

Conjunto: **TRANSMISIÓN**

Parque Eólico Rada Tilly

Versión 01

Subconjunto		Componente		K	S	J	SMO	TE	R
Código	Descrip. Sub Conj.	Código	Descrip. Componente						
001	Bulones maza / eje ppal.			C					
002	Caja cojinete ppal.			C					
003	Juntas			B-C		B-C	B-C		
004	Bulones Caja coj / bastid.			C					
005	Disco de Contracción			C					
006	Eje Principal			B-C					
007	Cojinete Ppal.						B-C		

## PLANILLA DE FRECUENCIA DE REVISIÓN

Conjunto: **CAJA DE ENGRANAJES**

Parque Eólico Rada Tilly

Versión 01

Subconjunto		Componente		K	S	J	SMO	TE	R
Código	Descrip. Sub Conj.	Código	Descrip. Componente						
001	Disco de contracción / eje ppal								
002	Juntas			B-C					
003	Nivel de aceite			B-C					
004	Respiradero			C					
005	Filtrado aceite transm.								
006	Engranajes			C					
007	Muestras de aceite			C					
008	Enfriador de Aceite			C					

**PLANILLA DE FRECUENCIA DE REVISIÓN**

Conjunto: **APOYO TRANSMISIÓN**

Parque Eólico Rada Tilly

Versión 01

Subconjunto		Componente		K	S	J	SMO	TE	R
Código	Descrip. Sub Conj.	Código	Descripc. Componente						
001	Elemento de goma			C					
002	Bulones de apoyo/caja engr.			C					
003	Bulones apoyo/bastidor			C					

## PLANILLA DE FRECUENCIA DE REVISIÓN

### DISCO DE

Conjunto: **FRENO**

Parque Eólico Rada Tilly

Versión 01

Subconjunto		Componente		K	S	J	SMO	TE	R
Código	Descrip. Sub Conj.	Código	Descripc. Componente						
001	Superficie de frenado			B-C					
002	Bulones maza fr / caja engr			C					
003	Disco de contracción maza freno/caja engranajes			C					

## PLANILLA DE FRECUENCIA DE REVISIÓN

Conjunto: **FRENO HIDRÁULICO**

Parque Eólico Rada Tilly

Versión 01

Subconjunto		Componente		K	S	J	SMO	TE	R
Código	Descrip. Sub Conj.	Código	Descrip. Componente						
001	Bulones freno/consola			C					
002	Bul. Cons. Freno/caja engr			C					
003	Aceite Hidráulico			B-C					
004	Heredad del sist. Hidráulico			B-C					
005	ajuste pastillas de freno			B-C					

## PLANILLA DE FRECUENCIA DE REVISIÓN

Conjunto: **ACOPLAMIENTO**

Parque Eólico Rada Tilly

Versión 01

Subconjunto		Componente		K	S	J	SMO	TE	R
Código	Descrip. Sub Conj.	Código	Descripc. Componente						
001	Elemento de Centaflex			B-C					
002	Bul. Centaflex/ caño ctr.			C					
003	Bul. Centaflex/ freno y gen.			C					
004	Alineación			E					

## PLANILLA DE FRECUENCIA DE REVISIÓN

Conjunto

: **GENERADOR**

Parque Eólico Rada Tilly

Versión 01

Subconjunto		Componente		K	S	J	SMO	T E	R
Código	Descripc. Sub Conj.	Código	Descripc. Componente						
001	Bul. Gener./ travezaños			C					
002	Bul. Trav/ amort. Vibrac.			C					
003	Empaquetadura			B-C		B-C	B-C		
004	Alineación Gen.			E					
005	Terminales en conexión de cables ppales.				B-C				
006	Limpieza del generador			C					

## PLANILLA DE FRECUENCIA DE REVISIÓN

Conjunto: **ARO DE GIRO**

Parque Eólico Rada Tilly

Versión 01

Subconjunto		Componente		K	S	J	SMO	TE	R
Código	Descrip. Sub Conj.	Código	Descripc. Componente						
001	Bul. Aro giro/ torre/ bastidor			C					
002	Junta			B-C					
003	Aro dentado			C					
004	Lubricación de la corona de giro						B-C		
005	Lubricación del aro de giro					B-C			

## PLANILLA DE FRECUENCIA DE REVISIÓN

Conjunto: **TRANSMISIÓN DE GIRO**

Parque Eólico Rada Tilly

Versión 01

Subconjunto		Componente		K	S	J	SMO	TE	R
Código	Descrip. Sub Conj.	Código	Descrip. Componente						
001	Bulón transmisión de giro / bastidor			C					
002	Nivel de aceite			D-E					
003	Juntas			B-C					
004	Motor de Giro con freno			B-C					
005	Ruedas dentadas de giro			C					
006	Luz entre rueda dentada y corona			C					C
007	Lubricación						E		

## PLANILLA DE FRECUENCIA DE REVISIÓN

Conjunto: **FRENO DE GIRO**

Parque Eólico Rada Tilly

Versión 01

Subconjunto		Componente		K	S	J	SMO	TE	R
Código	Descrip. Sub Conj.	Código	Descripc. Componente						
001	Cinta de freno			B-C					
002	Espacio Libre Cojinete			B-C					
003	Juntas			B-C					
004	Luz entre rueda dentada y corona			B-C					
005	Rueda dentada			C					
006	Lubricación			B-C					
007	Bul. Freno de giro/ bastidor			C					

## PLANILLA DE FRECUENCIA DE REVISIÓN

Conjunto: **BASTIDOR**

Parque Eólico Rada Tilly

Versión 01

Subconjunto		Componente		K	S	J	SMO	TE	R
Código	Descrip. Sub Conj.	Código	Descrip. Componente						
001	Cost. Sold. Placa Cojinete			C					
002	Cost. Sold./placa giro			C					
003	Cost. Sold./soporte transmisión			C					
004	Otras Soldaduras			C					
005	Protección anticorrosiva			C					

## PLANILLA DE FRECUENCIA DE REVISIÓN

Conjunto: **TAPA CABEZAL**

Parque Eólico Rada Tilly

Versión 01

Subconjunto		Componente		K	S	J	SMO	TE	R
Código	Descrip. Sub Conj.	Código	Descrip. Componente						
001	Bulones tapa/ bastidor			C					
002	Otras Uniones			C					
003	Bisagras			C			C		
004	Amortiguadores a gas y articulación esférica			B-C			C		
005	Dispositivo de cierre			C					
006	Protección anticorrosiva			C					



## PLANILLA DE FRECUENCIA DE REVISIÓN

Conjunto: **EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO** Parque Eólico Rada Tilly

Versión 01

Subconjunto		Componente		K	S	J	SMO	TE	R
Código	Descrip. Sub Conj.	Código	Descrip. Componente						
001	Tablero de mando			B-C	D-E				
002	Tablero de control			B-C	D-E				
003	Otros Tableros			B-C	D-E				
004	Fijación de cables			B-C	D-E				
005	Caja superior			B-C	D-E				
006	Interr. Cables. Enrosc.			B-C					
007	Tacómetro rotor			B-C					
008	Sensor de vibraciones			B-C					
009	Pastillas de freno gastadas			B-C					
010	Veleta			B-C					
011	Anemómetro			B-C					
012	Sensor de temperatura			B-C					

013	Cables y Juntas			B-C				
014	Sensor de giro			B-C				
015	Tacómetro generador			B-C				



**Tablero de mando**



**Otros tableros**



**Tablero de control**

## PLANILLA DE FRECUENCIA DE REVISIÓN

Conjunto: **PRUEBA DE MARCHA**

Parque Eólico Rada Tilly

Versión 01

Subconjunto		Componente		K	S	J	SMO	TE	R
Código	Descrip. Sub Conj.	Código	Descripc. Componente						
001	Acople del generador			B-C					
002	Posición del cabezal en el viento			B-C					
003	Ruidos y Vibraciones			B-C					
004	Frenado			B-C					
005	Ventilación de frenos de aspa			C					

## Anexo 4: Procedimiento de Seguridad

COAGUA	PROCEDIMIENTO		Página 87 de 8
		01/10/2014	Revisión 1
	Mantenimiento	01/10/2019	Vigente
Título: Procedimiento de Seguridad de reparación de Molino			
Autor: Denise Dekker	Revisores: Encargado de Mantenimiento COAGUA		Aprobador: Responsable COAGUA

### ÍNDICE

Propósito  
Definiciones  
Alcance  
Desarrollo del Proceso  
Ejecución  
Registros  
Roles y Responsabilidades  
Control de Cambios  
Anexos (1 y 2)

COAGUA	PROCEDIMIENTO		Página 2 de 8
		01/10/2014	Revisión 1
	Mantenimiento	01/10/2019	Vigente
Título: Procedimiento de Seguridad de reparación de Molino			
Autor: Denise Dekker	Revisores: Encargado de Mantenimiento COAGUA	Aprobador: Responsable COAGUA	

**Propósito:** el siguiente procedimiento tiene por objeto regular las actividades de mantenimiento desde el punto de vista de la seguridad e higiene de aquel que realice las actividades correspondientes al mantenimiento, ya sean programadas o no.

**Definiciones:**

- EPP: Elementos de Protección Personal
- Mantenimiento Programado: serie de actividades programadas de acuerdo al plan de mantenimiento del equipo.
- Mantenimiento Reactivo: actividades que se realizan sin previa programación debido a inconvenientes.
- 

**Alcance:** este procedimiento es aplicable a quien realice las actividades de mantenimiento y a la persona acompañante, desde el momento en que se preparan para salir de las instalaciones de COAGUA para dirigirse a la locación del molino, hasta que regresan a ellas.

**Desarrollo del proceso:**

1. Ya sea por una actividad programada o una imprevista, siempre se debe salir de las instalaciones de COAGUA a lo sumo dos personas (una encargada de mantenimiento, y otra acompañante).
2. Antes de salir, se debe verificar que los EPP se encuentren disponibles, el botiquín de primeros auxilios se encuentre en el vehículo, y se carguen en el mismo las herramientas e insumos a utilizar. Si cualquiera de estos, no se encuentra disponible, se deberá retrasar la actividad hasta que se lo consiga.
3. Dirigirse a la locación del molino.
4. Una vez allí, colocarse los EPP (guantes, casco, arnés, botines de seguridad si es que ya no los tiene puestos).
5. Preparación para apagar: asegurarse de contar los dispositivos de restricción (como bloqueadores o cadenas adecuadas), verificar si hay fluidos con los que se puede entrar en contacto, identificar las fuentes de energía y los bloqueadores.
6. Señalizar adecuadamente el sitio de trabajo.

COAGUA	PROCEDIMIENTO		Página 3 de 8
		01/10/2014	Revisión 1
	Mantenimiento	01/10/2019	Vigente
Título: Procedimiento de Seguridad de reparación de Molino			
Autor: Denise Dekker	Revisores: Encargado de Mantenimiento COAGUA	Aprobador: Responsable COAGUA	

7. Apagado/frenado del molino: oprimir el botón correspondiente en el tablero, dentro de la torre.
8. Colocación de candados o tarjetas que indiquen que el molino se encuentra frenado.
9. Control de energía almacenada: aunque los equipos hayan sido aislados de la fuente principal, es muy probable que contengan energía remanente por lo tanto, se debe inspeccionar que todas las piezas móviles se han detenido, instalar conexión a tierra, etc.
10. Comprobar en los controles de la máquina que no existe movimiento (luego de haber cumplido los dos pasos anteriores)
11. Realizar la tarea de mantenimiento.
12. Retiro de candado y tarjetas, por parte del encargado de mantenimiento.
13. Viaje de regreso a COAGUA.
14. Llenar Registro de utilización de insumos, herramientas, control de EPP.

Ver **Anexo 1: Flujograma del proceso.**

**Ejecución:** en el siguiente diagrama de flujo, se esquematiza las actividades definidas en el punto anterior:

**Registros:** en el último paso del procedimiento, se requiere llenar una serie de registros para poder llevar un seguimiento de las actividades realizadas. Éstos se deben completar de manera total e inmediata una vez que se cumplimentó la tarea realizada. Ellos son:

- 1) Registro de Utilización de Insumos,
- 2) Registro del control del estado de las herramientas,
- 3) Registro de control del estado de EPP,
- 4) Registro de actividades de mantenimiento (programadas o no programadas).
- 5) Registro de control de estado de Elementos de Protección

Se puede encontrar el formato de las planillas correspondientes en el **Anexo 2: Registros de Procedimiento de Seguridad.**

**Roles y Responsabilidades:**

- Responsable de Mantenimiento: debe asegurarse de la correcta señalización del sitio de trabajo

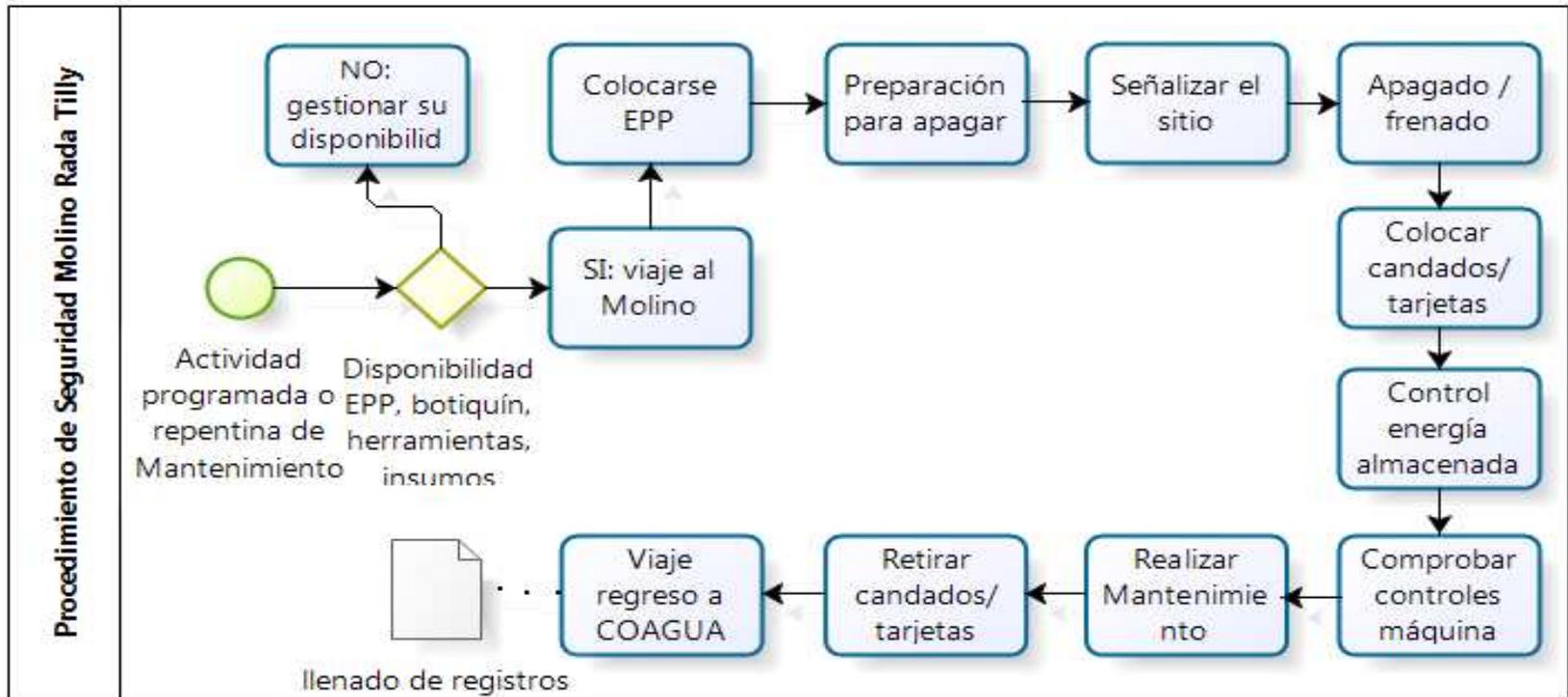
COAGUA	PROCEDIMIENTO		Página 4 de 8
		01/10/2014	Revisión 1
	Mantenimiento	01/10/2019	Vigente
Título: Procedimiento de Seguridad de reparación de Molino			
Autor: Denise Dekker	Revisores: Encargado de Mantenimiento COAGUA	Aprobador: Responsable COAGUA	

- Acompañante: mantener comunicación fluida con quien se encuentre realizando las actividades de mantenimiento, y dar el aviso correspondiente si sucediera algún tipo de inconveniente.

**Control de Cambios:** la vigencia del presente procedimiento es de tres años. Los cambios deben ser aprobados por el responsable de COAGUA, y debe actualizarse el número de la revisión, con la firma correspondiente.

COAGUA	PROCEDIMIENTO		Página 5 de 8
		01/10/2014	Revisión 1
	Mantenimiento	01/10/2019	Vigente
Título: Procedimiento de Seguridad de reparación de Molino			
Autor: Denise Dekker	Revisores: Encargado de Mantenimiento COAGUA	Aprobador: Responsable COAGUA	

**Anexo 1: Flujograma del proceso.**



COAGUA	PROCEDIMIENTO		Página 6 de 8
		01/10/2014	Revisión 1
	Mantenimiento	01/10/2019	Vigente
Título: Procedimiento de Seguridad de reparación de Molino			
Autor: Denise Dekker	Revisores: Encargado de Mantenimiento COAGUA	Aprobador: Responsable COAGUA	

## Anexo 2: Registros de Procedimiento de Seguridad

COAGUA, Rada Tilly

Versión 001

Fecha última revisión: Diciembre 2013

Registro de Utilización de Insumos

Fecha de utilización	Insumo	Descripción tarea a realizar	Estimación cantidad utilizada	Responsable	Fecha de devolución

COAGUA, Rada Tilly

Versión 001

Fecha última revisión: Diciembre 2013

Registro de Control de Estado de Herramientas

Fecha de utilización	Herramienta	Descripción tarea realizada	Daños causados	Responsable	Fecha de devolución

COAGUA	PROCEDIMIENTO		Página 7 de 8
		01/10/2014	Revisión 1
	Mantenimiento	01/10/2019	Vigente
Título: Procedimiento de Seguridad de reparación de Molino			
Autor: Denise Dekker	Revisores: Encargado de Mantenimiento COAGUA	Aprobador: Responsable COAGUA	

COAGUA, Rada Tilly

Versión 001

Fecha última revisión: Diciembre 2013

Registro de Control de Estado de EPP

Fecha de utilización	EPP	Descripción tarea realizada	Daños causados	Responsable	Fecha de devolución

COAGUA, Rada Tilly

Versión 001

Fecha última revisión: Diciembre 2013

Registro de actividades de Mantenimiento

Fecha inicio / fecha finalización	Tipo de actividad (programada, no programada)	Descripción	Personal Involucrado	Responsable

COAGUA	PROCEDIMIENTO		Página 8 de 8
		01/10/2014	Revisión 1
	Mantenimiento	01/10/2019	Vigente
Título: Procedimiento de Seguridad de reparación de Molino			
Autor: Denise Dekker	Revisores: Encargado de Mantenimiento COAGUA	Aprobador: Responsable COAGUA	

COAGUA, Rada Tilly					
Versión 001					
Fecha última revisión: Diciembre 2013					
Registro de Control de Estado de Elementos de Protección					
Fecha de utilización	Elemento de Protección	Descripción tarea realizada	Daños causados	Responsable	Fecha de devolución

## Anexo 5: Catálogo de piezas sugeridas

# SKF Wind Turbine Spare Kits enable faster, easier maintenance

## Benefits

- Easy identification and sourcing of correct bearing sets
- Quick access to bearings when needed
- Reduced inventory costs
- Reduced downtime and lost productivity
- Access to one trusted source for quality bearings
- Access to SKF wind industry application knowledge and experience

## SKF Wind Turbine Spare Kits for

- Repairs
- Replacements
- Refurbishments
- Proactive maintenance



## New customized kits include replacement components for specific applications

For wind farm operators and utilities, even routine gearbox maintenance is a challenge. When repairs are required on short notice, the challenge is even greater, as replacement parts must be sourced and delivered as quickly as possible.

New SKF Wind Turbine Spare Kits feature replacement components for specific applications. These customized kits can help ensure availability of bearings when you need them most – and reduce downtime for repairs.

## A single-source solution

By providing wind farm operators and utilities with fast, single-source access to the right parts for the right application, SKF Wind Turbine Spare Kits simplify the process of identifying and ordering components. Available for rapid delivery for a range of applications, the kits help wind farm operators reduce short-notice repair times and can also serve as proactive maintenance by interchanging bearings according to latest technological standards.



## Why SKF?

SKF is a major supplier to the wind industry. Our extensive manufacturing capabilities and worldwide logistics network allow fast, reliable delivery, regardless of your location. Our expert engineers can help you select upgrades for wind turbines and their components, train your staff on service techniques, and offer consultation on other proactive maintenance that can enhance your equipment's performance.

The SKF range of dedicated wind industry offers includes products and services such as design optimization and engineering consultancy services, bearings, condition monitoring tools and diagnostic services, automated lubrication systems, grease, seals, bearing housings, couplings, bolt tensioners, mechanical refurbishments, and maintenance services and tools.



# One source, one shipment, one solution from SKF

## Unique kits for unique applications

Refurbishing wind turbine gearboxes requires a range of type-specific components. SKF has an extensive knowledge of such components, backed by our wind industry experience and our manufacturing capabilities and distribution expertise.

We maintain a comprehensive inventory of gearbox bearings and will package and deliver them as a complete kit for each gearbox type. Optionally SKF customizes kits according to your requirements.

## Initial range

Currently we can offer the below range of kits. However, the assortment of kits offered will be gradually enlarged to additional gearbox types. For more information, please contact your local SKF representative.

Initial range of SKF Wind Turbine Spare Kits	
Manufacturer	Gearbox type
Bosch Rexroth	GPV 306
Bosch Rexroth	GPV 442
Bosch Rexroth	GPV 451
Bosch Rexroth	GPV 455
Hansen	EH 55
Hansen	EH 551
Hansen	EH 552
Hansen	EH 601
Hansen	EH 801
Hansen	EH 802
Echesa	GE 850 PL
Echesa	PE 1080
Moventas	PLH-1100
Moventas	PLX-312 X1G
Winergy	PEAB 4410

Example content of an SKF Wind Turbine Spare Kit Part number: KWGA 0012		
Designation	Qty.	Position
NCF 28/670 V/L5BCNH	1	Planet carrier - rotor side
NCF 18/670 V/L5BCNH	1	Planet carrier - generator side
NNCF 5046 V/L4BC3	6	Planet
NCF 2968 CV/L4BCNH	1	Low intermediate speed shaft - rotor side
NCF 2970 CV/L4BCNH	1	Low intermediate speed shaft - generator side
NJ 2234 ECML/C3	1	High intermediate speed shaft - rotor side
NJ 2334 ECML/C3	1	High intermediate speed shaft - generator side
NU 2334 ECML/C3	1	High speed shaft - rotor side
NU 232 ECML/C3	1	High speed shaft - generator side
QJ 328 N2MA/C3	1	High speed shaft - generator side



For further details regarding gearbox specifications and kit designation, please, contact your local SKF representative.

© SKF is a registered trademark of the SKF Group.

© SKF Group 2012

The contents of this publication are the copyright of the publisher and may not be reproduced (even extracts) unless prior written permission is granted. Every care has been taken to ensure the accuracy of the information contained in this publication but no liability can be accepted for any loss or damage whether direct, indirect or consequential arising out of the use of the information contained herein. Any cost savings and revenue increases in this publication are based on results experienced by SKF customers and do not constitute a guarantee that any future results will be the same.

PUB PSD/P8 11057/2 EN · March 2012

Printed in Sweden on environmentally friendly paper.

Certain image(s) used under license from Shutterstock.com.



# Reinforced all-rubber radial shaft seals for wind turbine drive trains

## Benefits

The reinforced all-rubber HSS seals can help to:

- Increase turbine reliability
- Reduce turbine weight
- Reduce turbine maintenance demands
- Extend bearing service life
- Simplify maintenance procedures
- Reduce downtime and lost productivity

## Typical applications

- Large size bearings in wind turbine drive trains

## Reliable, cost-effective protection for large size bearings

The operational challenges for wind turbines cannot be overestimated. Continuously changing weather conditions, heavy loads, remote locations and limited accessibility are just a few.

### Improved stability, easy installation

SKF has developed the new HSS range of reinforced all-rubber seals to meet these challenging conditions. The seals offer an excellent combination of high-performance and reliability as well as easy installation and uptower replacement during planned maintenance procedures. With their limited space requirements, these seals also enable smaller and lighter bearing housings.

The new reinforced all-rubber seals combine high stability with the benefit of an all-rubber seal providing high static sealing performance by its ability to accommodate imperfections in the housing bore surface.

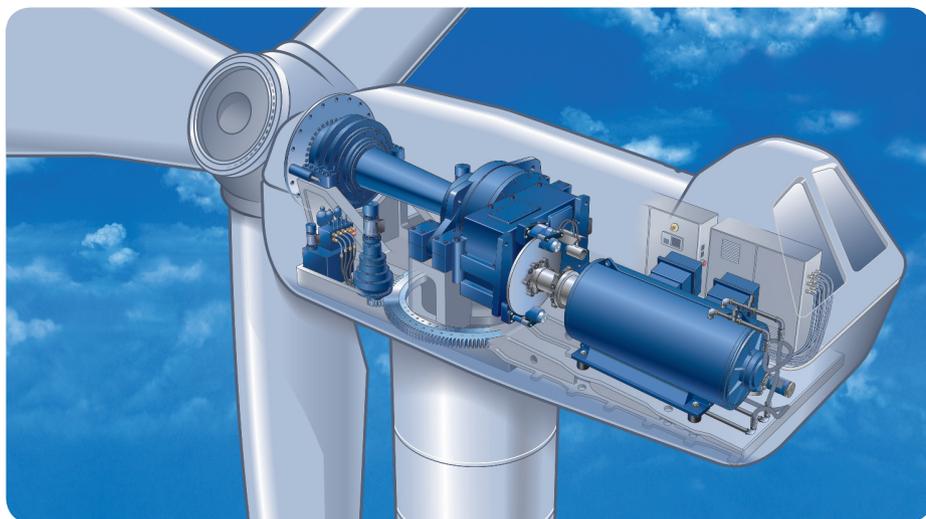
### SKF Duratemp to extend service life

HSS seals are made of SKF Duratemp, a hydrogenated nitrile rubber developed by SKF and successfully used in demanding applications for decades thanks to its excellent ozone, wear and ageing resistance. The standard grade is used for the sealing lip, while the seal body contacting the housing bore is made from a harder grade to provide improved stability in operation and during installation. This concept of reinforcing the seal also allows split designs, which significantly facilitates uptower installations and replacements.

### Proven sealing lip design

The HSS seals feature a well-proven, spring-loaded sealing lip design with a defined radial load for reliable sealing performance. Available in solid and split versions, the seals can include an optional SKF Springcover that reliably keeps the spring in correct position.

HSS seals are manufactured slightly oversized relative to the housing bore diameter and depth and clamped in the housing bore by a cover plate to further enhance the stability and performance.



*The new reinforced all-rubber HSS seal range has been developed for large size bearing protection in wind turbine drive trains.*

For more information about SKF products and solutions for the wind energy industry, visit [www.skf.com/wind](http://www.skf.com/wind), or contact your SKF representative.



## Cut costs with SKF

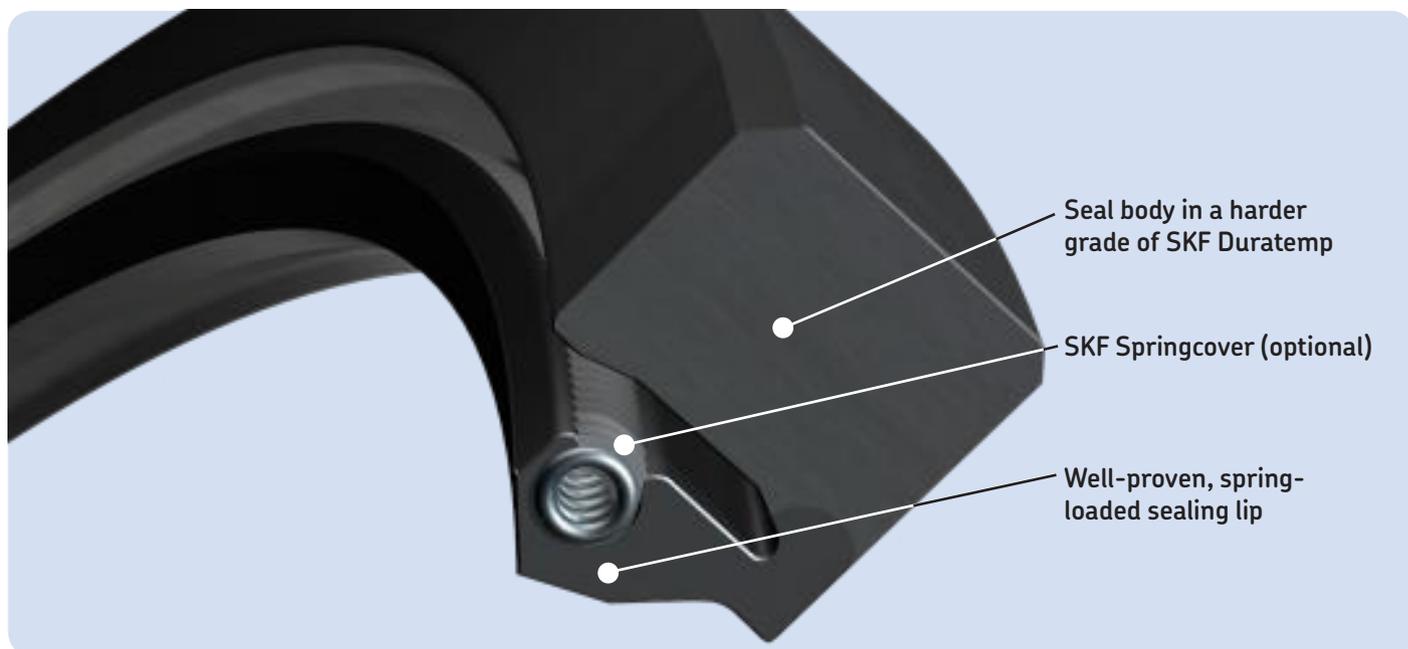
As a major supplier to the wind industry, SKF can help drive costs lower through flexibility in size and design options, and be a single source for bearing and sealing system solutions adjusted to application demands. Specially developed to protect large size bearings, the HSS seals are characterized by high sealing performance and stability, limited space requirements and long service life, providing increased reliability while reducing maintenance costs and turbine weight.

### Flexible manufacturing process

SKF's flexible manufacturing process for the HSS range enables the customization of sizes without minimum quantity and virtually without upper limits for both metric and inch sizes. This flexibility helps to cut costs and enables the same short delivery times for customized dimensions as for standard seals.

### Single-source expertise and value

SKF can offer turbine manufacturers and end users a single source for bearings, seals and lubricants, helping to simplify component sourcing and reduce associated time and costs. To help optimize the performance of these components in wind turbine designs, SKF can support customers with a wide range of engineering consultancy services.



© SKF and DURATEMP are registered trademarks of the SKF Group.

© SKF Group 2011

The contents of this publication are the copyright of the publisher and may not be reproduced (even extracts) unless prior written permission is granted. Every care has been taken to ensure the accuracy of the information contained in this publication but no liability can be accepted for any loss or damage whether direct, indirect or consequential arising out of the use of the information contained herein. Any cost savings and revenue increases in this publication are based on results experienced by SKF customers and do not constitute a guarantee that any future results will be the same.

PUB 74/S7 11768 EN · June 2011

Printed in Sweden on environmentally friendly paper.

Certain image(s) used under license from Shutterstock.com.

