

MODELO DE CRITICIDAD OPERACIONAL EN GENERADORES DE PARQUES EOLICOS

González, J.M ^(P); Amendola, L; Depool, T

Abstract

What set of elements does the attention of enterprise's resources require? What priority do the activities have within the process of asset management? They are usually some of the questions formulated, and their answers can only be obtained carrying out an adequate classification of assets.

The operational criticality analysis of assets in the energy sector represents the best tool to rank a set of equipment and/or components that belongs to a structure of assets, based on their importance for the operations, safety, processes, environment, maintenance costs, and reliability.

In the Eolic Sector, sometimes the asset management can reach a high grade of complexity. The application of methodologies, as RBI (Risk Based Inspection), RCA (Root Cause Analysis), RCM (Reliability Centered Maintenance) and C/RO (Cost/RisK Optimisation), are very important to minimize the number of necessary interventions within an environment where the logical aspects usually define the way to follow.

The classification by components, applying methods of criticality really framed into the operative context of eolic parks, is the starting point to make up maintenance and inspection activities by using the methods mentioned previously. Moreover, it represents an important entry for the process of taking decisions related to improvements, design changes, and development of new technologies.

Key words: Criticality, Classification, Eolic, Asset, Maintenance, processes, environment, Costs, Reliability

Resumen

¿Qué conjunto de elementos requieren la atención de los recursos de la empresa?, ¿Qué prioridad tienen las actividades dentro del proceso de gestión de activos?. Estas suelen ser algunas interrogantes formuladas cuya respuesta puede únicamente ser obtenida realizando una clasificación adecuada de los activos.

El análisis de criticidad operacional de los activos en el entorno energético representa la herramienta usada para jerarquizar un conjunto de equipos y/o componentes de una estructura de activos en función de su importancia para las operaciones, la seguridad, los procesos, el ambiente, los costes de mantenimiento y la fiabilidad.

En el sector Eólico, la gestión de activos suele alcanzar un grado de complejidad elevado. La aplicación de metodologías como IBR (Inspección Basada en Riesgo), ACR (Análisis Causa Raíz), MCC (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad), OCR (Optimización Costo Riesgo) es primordial en aras de minimizar el número de intervenciones a las necesarias en un entorno donde los aspectos logísticos suelen marcar la pauta.

La jerarquización por componentes aplicando métodos de criticidad verdaderamente enmarcados en el contexto operativo de parques eólicos es el punto de partida para la concepción de actividades de mantenimiento e inspección usando los métodos

mencionados. Además, representa una entrada importante para el proceso de toma de decisiones relacionada con mejoras, cambios de diseño y búsqueda de nuevas tecnologías.

Palabras Clave: Criticidad, Jerarquizar, Eólica, Activos, Mantenimiento, Seguridad, Procesos, Ambiente, Costes, Fiabilidad.

1. Introducción.

El análisis de criticidad es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, dirigiendo el esfuerzo y los recursos a áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual. La confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componentes, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad humana, confiabilidad del proceso, confiabilidad del diseño y la confiabilidad del mantenimiento. Lamentablemente, difícilmente se disponen de recursos ilimitados, tanto económicos como humanos, para poder mejorar al mismo tiempo, estos cuatro aspectos en todas las áreas de una empresa.

¿Cómo establecer en un parque eólico en sus operaciones que sus sistemas, equipos y componentes son más críticos que otro?, ¿Qué criterio se debe utilizar?, ¿Todos los que toman decisiones utilizan el mismo criterio?, ¿Qué conjunto de elementos requieren la atención de los recursos de la empresa?, ¿Qué prioridad tienen las actividades dentro del proceso de gestión de activos?. El análisis de criticidades da respuesta a estas interrogantes, dado que genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado, diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad. Una vez identificadas estas zonas, es mucho más fácil diseñar una estrategia y una metodología, para realizar estudios o proyectos que mejoren la confiabilidad operacional, iniciando las aplicaciones en el conjunto de procesos ó elementos que formen parte de la zona de alta criticidad.

Los criterios más comunes para realizar un análisis de criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, operaciones, costes de operación y mantenimiento, porcentaje de fallos y tiempo de reparación principalmente. La siguiente tabla muestra los aspectos resaltantes para cada criterio:

Producción	Operaciones	Costes de operación y mantenimiento	Porcentaje de fallos	Tiempo de reparación	Seguridad y ambiente
Instrumentación Asociada - Tipo de Servicio. Es verificada además la posibilidad de operar sin el equipo.	Presencia de Modo alterno de Operación. Equipos y sistemas de respaldo son evaluados.	Alto - Medio - Bajo En este factor generalmente se evalúa el impacto en Coste de la falla del equipo. Son tomados en cuenta costes directos e indirectos de la acción más impactante de mantenimiento de acuerdo con los historicos.	Alta - Media - Baja Frecuencia de fallos. Este valor generalmente es tomado de los historiales de los equipos. En caso de no existir, este valor es estimado de acuerdo con datos suministrados por el fabricante o experiencia operativa con equipos similares.	Generalmente evaluados los tiempos medios de reparación del equipo.	El impacto en las personas y el medio ambiente cobran valor en este factor. Las probabilidades de sufrir un accidente con daños a personas y medio ambiente producto de fallos del equipo son evaluados en este factor

Tabla 1. Criterios comunes para evaluación de criticidad.

Estos criterios se relacionan con una ecuación matemática, que genera puntuación para cada elemento evaluado.

La lista generada, resultado de un trabajo de equipo, permite nivelar y homologar criterios para establecer prioridades, y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito aumentando la rentabilidad.

2. Marco Teórico.

2.1 ¿Qué es el análisis de criticidad?

Análisis de Criticidad: es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis.

En principio se considera como equipo crítico desde el punto de vista operacional, todo aquel equipo cuya falla produce una discontinuidad parcial o total de las operaciones.

Este concepto, que de hecho es cierto, no nos proporciona una información totalmente útil, debido a que la palabra criticidad debe ser vista desde un plano más amplio como una función del nivel de importancia que se le establece a un equipo por todo un conjunto de razones apropiadas.

Es decir, que un equipo para el departamento técnico de mantenimiento puede ser crítico, si el equipo presenta alto riesgo de operación por presencia de defectos. Como también lo puede ser para seguridad industrial un equipo cuya falla tenga consecuencias catastróficas para el personal y medio ambiente. O sea, que no se debe caer en el error de considerar que la criticidad total del equipo está solo en función de detener o no las operaciones de planta.

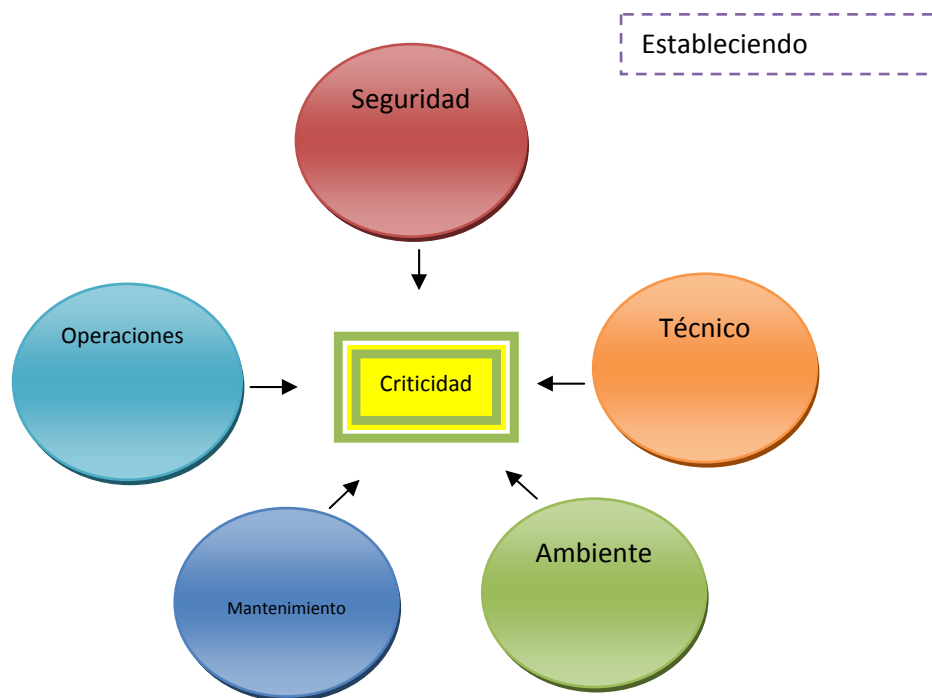


Figura 1. Aspectos y consideraciones para el análisis de criticidad.

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

Criticidad = Frecuencia x Consecuencia

Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costes de reparación y los impactos en seguridad y ambiente.

En función de lo antes expuesto se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:

- Seguridad
- Ambiente
- Producción
- Costes (operacionales y de mantenimiento)
- Tiempo promedio para reparar
- Frecuencia de falla

2.2 Antecedentes

La necesidad cada día más acentuada por mejorar los estándares en materia de seguridad, ambiente y productividad de las instalaciones y sus procesos, obliga a incorporar nuevas tecnologías que permitan alcanzar las metas propuestas. En el ámbito internacional, las empresas exitosas han basado su estrategia en la búsqueda de la excelencia a través de la filosofía de Clase Mundial, la cual tiene asociada la aplicación de diez prácticas. Estas prácticas son:

1. Trabajo en equipo
2. Contratistas orientados a la productividad
3. Integración con proveedores de materiales y servicios
4. Apoyo y visión de la gerencia
5. Planificación y programación proactiva
6. Mejoramiento continuo
7. Gestión disciplinada de procura de materiales
8. Integración de sistemas
9. Gerencia de paradas de planta
10. Producción basada en confiabilidad

Todas estas prácticas están orientadas al mejoramiento de la confiabilidad operacional de las instalaciones y sus procesos, sistemas y equipos asociados, con la finalidad de hacer a las empresas más competitivas y rentables, disponer de una excelente imagen con el entorno, así como la satisfacción de sus trabajadores, clientes y suplidores.

El análisis de criticidad es un mecanismo de apoyo para la aplicación de la practica 10, sin embargo puede ser soporte para el proceso de toma de decisiones en las 9 prácticas restantes.

2.3 Utilidad del análisis de criticidad.

La criticidad de los activos se establece en la búsqueda de facilitar el proceso de toma de decisiones en la gestión de activos. Conocer a que equipos de los sistemas productivos debe prestarse la mayor atención en materia de operaciones y mantenimiento es uno de las bondades de este análisis.

El establecimiento de programas de mantenimiento preventivo de los activos, así como la fijación de prioridades para trabajos correctivos y preventivos deberá estar soportado por criterios establecidos en función de la jerarquía por criticidad.

La aplicación de metodologías como MCC, IBR, OCR, ACR está directa o indirectamente soportadas por la aplicación de un análisis de criticidad.

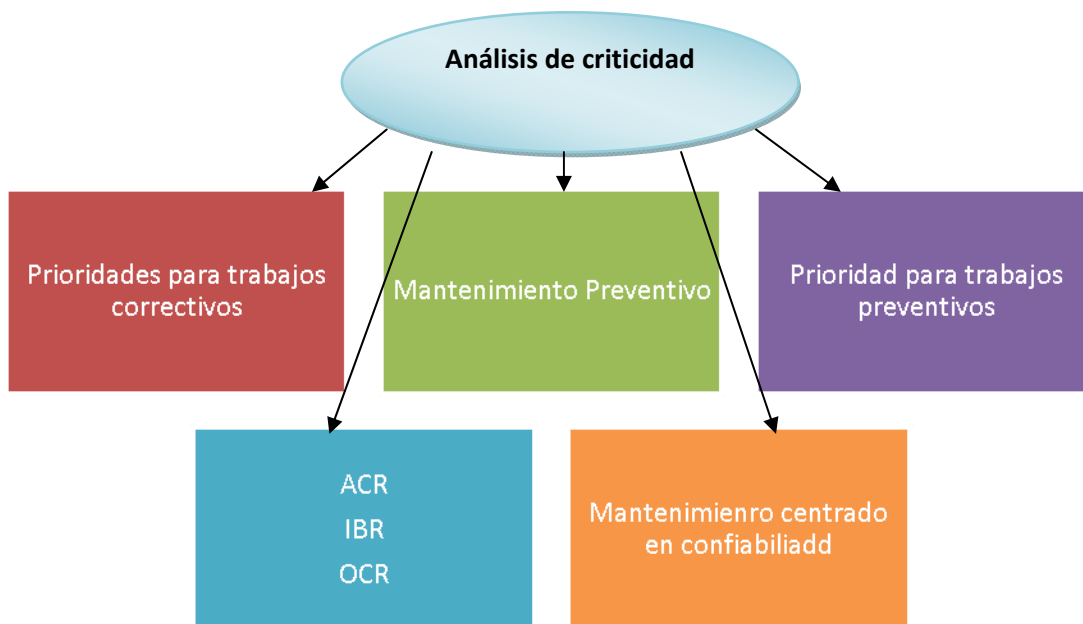


Figura 2. Utilidad del análisis de criticidad en la gestión de Activos.

Como ejemplo el paso inicial para la aplicación del mantenimiento centrado en confiabilidad es la selección de los activos objeto de estudios en la estructura de activos. Dado los altos costes implicados en la aplicación de la metodología, la práctica común es seleccionar los activos críticos del proceso.

2.4 La energía eólica y el mantenimiento.

2.4.1 ¿Qué es la energía eólica?

La energía eólica es la energía cuyo origen proviene del movimiento de masa de aire es decir del viento.

En la tierra el movimiento de las masas de aire se deben principalmente a la diferencia de presiones existentes en distintos lugares de esta, moviéndose de alta a baja presión, este tipo de viento se llama viento geostrofico.



Para la generación de energía eléctrica a partir de la energía del viento es importante el origen de los vientos en zonas más específicas del planeta, estos vientos son los llamados vientos locales, entre estos están las brisas marinas que son debida a la diferencia de temperatura entre el mar y la tierra, también están los llamados vientos de montaña que se producen por el calentamiento de las montañas y esto afecta en la densidad del aire y hace que el viento suba por la ladera de la montaña o baje por esta dependiendo si es de noche o de día.

2.4.2 El aerogenerador

Las máquinas empleadas para transformar la fuerza cinética del viento en electricidad reciben el nombre de turbinas eólicas o aerogeneradores. Se colocan sobre una columna o torre debido a que la velocidad del viento aumenta con la altura respecto al suelo. Además, se procura situarlos lejos de obstáculos (árboles, edificios, etc.) que creen turbulencias en el aire y en lugares donde el viento sopla con una intensidad parecida todo el tiempo, a fin de optimizar su rendimiento.

Los primeros aerogeneradores tenían rendimientos escasos, del orden del 10%, pero los actuales cuentan con sofisticados sistemas de control que les permiten alcanzar rendimientos próximos al 50%. Un porcentaje muy alto si tenemos en cuenta que la fracción máxima de la energía del viento que puede capturar un aerogenerador es del 59%, según demostró el físico alemán Albert Betz en 1919.

2.4.3 Componentes del aerogenerador.

Principalmente los aerogeneradores, aun con las diferentes tecnologías disponibles en el mercado, están compuestos por el rotor, Las palas, La Góndola, la multiplicadora, el buje, el sistema de orientación entre otros.

En la siguiente figura se pueden observar los componentes principales en la Góndola:

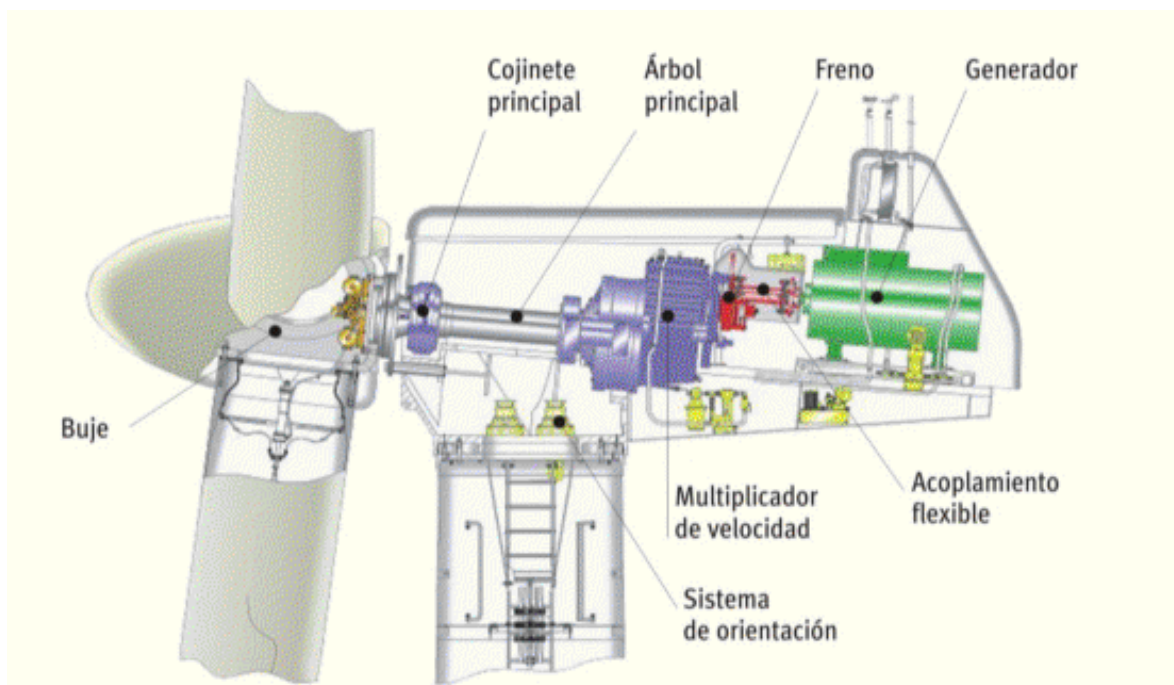


Figura 3. Componentes del aerogenerador.

2.4.4 Características de los parques eólicos.

Principalmente los parques eólicos pueden ser instalados en tierra, a los cuales se les conoce como parques On-Shore y en el mar, a los cuales se les identifica como parques eólicos Offshore.

Los parques On-Shore se encuentran instalados en tierra. Desde el punto de vista operativo suelen ser máquinas menos robustas que las instaladas en parques offshore. Desde el punto de vista de operaciones y mantenimiento, el coste es más bajo que en escenario offshore, principalmente por los aspectos logísticos. Los traslados de componentes y el acceso del personal pueden darse con mayor facilidad mediante el uso de carreteras y grúas terrestres. Las condiciones ambientales podrían en muy pocos casos limitar el acceso a las instalaciones.



Los parques eólicos offshore, se encuentran instalados en el mar. Principalmente el entorno marino agrega factores ambientales de oleaje y salinidad que contribuye al deterioro de las instalaciones en mayor medida que las disponibles en tierra. Desde el punto de vista de operaciones y mantenimiento, existen mayores dificultades para el acceso a los parques, sobre todo en condiciones ambientales y de oleaje extremas. Esto contribuye directamente al aumento de los costes, por lo que las actividades de mantenimiento preventivo y el control mediante mecanismos inteligentes de los fallos suelen ser determinantes para la rentabilidad del parque.

Los criterios y métodos para la aplicación de un análisis de criticidad no varían en función de estos escenarios, sin embargo, principalmente deberá prestarse mucha atención a los aspectos de frecuencia de fallos, impacto en seguridad y ambiente y costes de reparación ya que suelen ser diferentes.

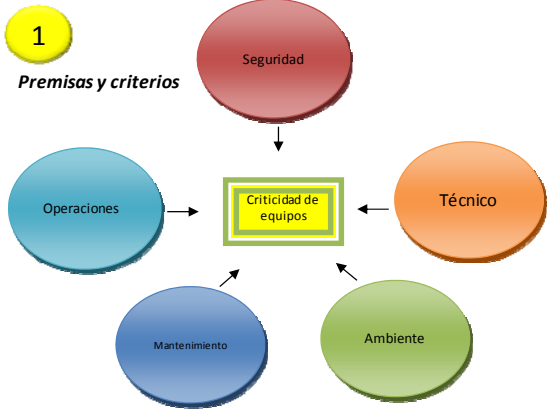
3. El modelo de análisis de criticidad para parques eólicos OnShore y OffShore.

El modelo propuesto está conformado 5 pasos fundamentales, los cuales son:

- 1) Establecimiento de premisas y criterios.
- 2) Determinación del método, cualitativo o cuantitativo.
- 3) Clasificación de los activos y organización de la información.
- 4) Aplicación del método y obtención de la lista jerarquizada.
- 5) Aplicación del análisis de Pareto para la determinación de los equipos críticos.

La figura muestra la secuencia de pasos para la aplicación del modelo en parques eólicos.

$Criticidad = Frecuencia \times Consecuencia$

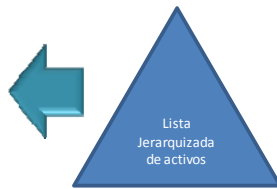
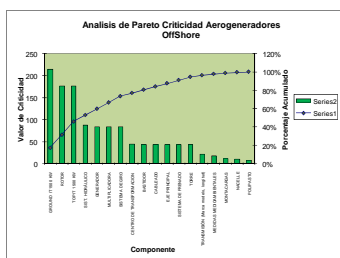
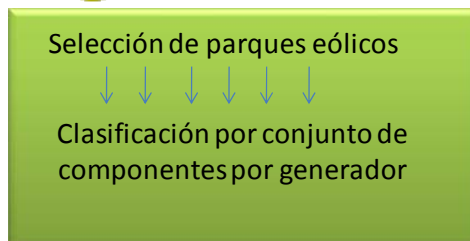


2 Determinación del método

Equipo: Caja Reductora / Multiplicadora Valor Total: 10.000,00 €

NRO	FACTORES DE CRITICIDAD	PESO	SELECCIÓN (S/No)	TOTAL
1	Probabilidad Operacional	4	S	4
1.1	Sección interna de operación (en equipos de emergencia en Windturbine)	2	S	2
1.2	Modos alternos de operación / Componente Repuestos	2	S	2
1.3	Operador de Repuestos en Windturbine	1	S	1
	Sub Total			4
2	Efecto de la falla	10	S	10
2.1	Impacto del personal	10	S	10
2.2	Costo de la energía y otros valores críticos	0	S	0
2.3	Costo de los repuestos (reemplazo)	0	S	0
2.4	Costo Operacional	2	S	2
2.5	Consecuencia en la producción / Componente	1	S	1
	Sub Total			15
3	Consecuencia en la producción / Componente	2	S	2
3.1	Costo de la energía	2	S	2
3.2	Costo Operacional	0	S	0
	Sub Total			2
4	Seguridad/Operación/Componente	0	S	0
4.1	Consecuencia Operacional/Componente	0	S	0
4.2	Operación/Componente/Operación	0	S	0
4.3	Operación/Componente/Operación	0	S	0
	Sub Total			0
5	Operación/Componente/Operación	0	S	0
5.1	Operación/Componente/Operación	0	S	0
5.2	Operación/Componente/Operación	0	S	0
	Sub Total			0
6	Operación/Componente/Operación	0	S	0
6.1	Operación/Componente/Operación	0	S	0
6.2	Operación/Componente/Operación	0	S	0
	Sub Total			0
7	Operación/Componente/Operación	0	S	0
7.1	Operación/Componente/Operación	0	S	0
7.2	Operación/Componente/Operación	0	S	0
	Sub Total			0
8	Operación/Componente/Operación	0	S	0
8.1	Operación/Componente/Operación	0	S	0
8.2	Operación/Componente/Operación	0	S	0
	Sub Total			0
9	Operación/Componente/Operación	0	S	0
9.1	Operación/Componente/Operación	0	S	0
9.2	Operación/Componente/Operación	0	S	0
	Sub Total			0
10	Operación/Componente/Operación	0	S	0
10.1	Operación/Componente/Operación	0	S	0
10.2	Operación/Componente/Operación	0	S	0
	Sub Total			0
	Total			64
			Nivel de Criticidad	Criticidad Abs.

3 Clasificación de los activos



5 Aplicación de análisis de Pareto para la determinación de los equipos críticos

4 Aplicación del método y Obtención de la lista jerarquizada

MODELO DE CRITICIDAD PARA PARQUES EOLICOS

1. Establecimiento de premisas y criterios: El establecimiento de premisas y criterios obedece a la necesidad de tomar en cuenta los aspectos que otorgan la criticidad a los componentes del aerogenerador a ser evaluados. Esta, es una de las etapas más importantes, ya que el método a ser propuesto, dependerá en gran medida de las premisas establecidas.
2. Determinación del método: El método, no es más que la materialización de las premisas y los criterios establecidos para poder realizar el análisis de criticidad. En principio, se trata de crear el medio a través del cual el análisis de criticidad será realizado. Por experiencia, una tabla donde se ponderen cada uno de los aspectos tomados en cuenta en los criterios establecidos es el mejor camino para realizar una evaluación de criticidad en menor tiempo y con mayor efectividad. Seguidamente, es necesario fijar el mecanismo a través del cual se totalizará la criticidad del componente evaluado usando la ecuación $Criticidad = Frecuencia \times Consecuencia$.
3. Clasificación de los activos y organización de la información: Los grandes fallos en la aplicación de los análisis de criticidad para parques eólicos ocurren en la correcta clasificación de los activos a ser evaluados. Cada uno de los componentes de los aerogeneradores y sus históricos, deberán ser organizados en una base de datos para efecto de realizar la evaluación de criticidad. En la Industria Petrolera y Petroquímica, esta es una tarea más sencilla, debido a que es fácil identificar cada equipo y componente de un complejo industrial. En este caso, es necesario agrupar históricos de cada componente tomando en cuenta los parques eólicos evaluados y trabajar con valores promediados para obtener la criticidad buscada.

4. Como ejemplo, supongamos que queremos evaluar la criticidad del componente Multiplicadora, para ello, será necesario disponer de la información agrupada del desempeño de todas las multiplicadoras pertenecientes al parque eólico a ser evaluado. Es importante acotar, que solo pueden ser agrupados datos de desempeño de componentes pertenecientes a generadores de la misma tecnología.
5. Aplicación del método y obtención de la lista jerarquizada: Una vez organizada la información, se procede con la aplicación del método y la determinación del valor de criticidad por cada componente.
6. El desarrollo de un Software sencillo que incorpore las premisas establecidas puede ayudar en gran medida a la totalización y organización de los valores de criticidad.
7. Aplicación del análisis de Pareto para la determinación de los equipos críticos: Una vez obtenidos los valores de criticidad por componente, es necesario identificar de acuerdo con esta regla ese 20% de los componentes que comprenden el 80% de la criticidad. De esta manera, podrán ser identificados y separados los componentes altamente críticos del parque y tecnología evaluado.

4. Conclusiones

- El análisis de criticidad es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones.
- El establecimiento de prioridades para trabajos de mantenimiento y las metodologías como ACR, IBR, OCR, MCC tienen soporte en el análisis de criticidad de equipos.
- Los parques eólicos pueden ser instalados en tierra y se les conoce como parques On-Shore y en el mar, a los cuales se les identifica como parques eólicos Offshore.
- El modelo propuesto inicia con el establecimiento de premisas y criterios, luego contempla la determinación del método, cualitativo o cuantitativo seguido la clasificación de los activos y organización de la información, luego la aplicación del método y obtención de la lista jerarquizada y culmina con la aplicación del análisis de Pareto para la determinación de los equipos críticos.

Referencias

- [1]. Asociación danesa de la industria eólica. <http://www.windpower.org>
- [2]. Comisión Europea. Propuesta de directiva del Parlamento Europeo y del Consejo Relativa a la Promoción de la Electricidad Generada a partir de Fuentes de Energía Renovables en el Mercado Interior de la Electricidad, Mayo 2000.
- [3]. Dirección General de Política Energética y Minas. Registro de productores en régimen especial. Technical report, Ministerio de Economía, <http://www.mcyt.es/productores>, 2000.
- [4]. European Commission, Directorate-General for Energy. Wind Force 10: A Blueprint to Achieve 10% of the World's Electricity from Wind Power by 2020. Wind Energy — Clean Power for Generations.
- [5]. European Wind Energy Association. Wind Energy in Europe. <http://www.ewea.org>.
- [6]. Europa press, en <http://www.apecyl.com>
- [7]. ISO14224: Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment.

- [8]. IEC 61346-1: Industrial systems, installations and equipment and industrial products – Structuring principles and reference designations Part 1: Basic rules.
- [9]. IEC 60812: Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA).
- [10]. MOUBRAY. J., Reliability Centred Maintenance RMC II, Editorial Biddles Ltd, Guildford and King´s Lynn. Great Britain. Tercera edición 1998.
- [11]. NORSOK standard Z-008: Criticality analysis for maintenance purposes.
- [12]. NORSOK standard P-100: Process systems.
- [13]. NORSOK standard Z-002-DP: Coding System.
- [14]. NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE. "Procedimientos para la realización de análisis de modo de fallo, efectos y criticidad"
- [15]. PROACT ® Suite which contains both the PROACT® RCA module and the LEAP™ Basic FMEA and Opportunity Analysis module.
- [16]. Parques eólicos marinos. Análisis de la regulación contenida en el Real Decreto 1028/2007
- [17]. Plantas eólicas marinas. <http://www.reoltec.net/Plantas-Marinas-Cener2007.pdf>
- [18]. Red Eléctrica de España. Red de Transporte de Energía Eléctrica de España, Junio 2000.
- [19]. Root Cause Analysis: Improving Performance for Bottom-Line Results, 3rd Edition, Written by Robert J. Latino & Kenneth C. Latino, CRC Press, This edition is scheduled to hit the bookstores on April 25, 2006.

Correspondencia

Tibaire Depool
e-mail: tibaire@pmmlearning.com
Luis José Amendola
e-mail: luiam@dpi.upv.es
José Manuel González
e-mail: pepe@pmmlearning.com