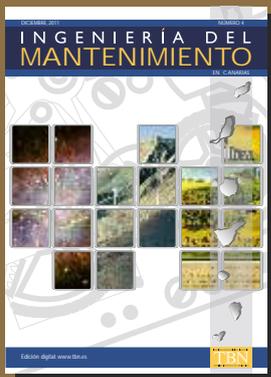


# INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO

EN CANARIAS





# INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO EN CANARIAS

Director Revista:

D. Luis García Martín  
Director Gerente TBN.

Comité Técnico:

Dr. José Antonio Carta González  
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

D. Mariano Chirivella Caballero  
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

D. Juan Antonio Jiménez Rodríguez  
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

D. Jesús Terradillos Azqueta  
Fundación Tekniker.

Dra. M<sup>a</sup> del Pino Artilles Ramírez  
TBN.

Edita y promueve:

TBN- Ingeniería de Mantenimiento Industrial y Servicios Integrales de Lubricación, S.L.

Prolongación C/. Sao Paulo, s/n  
Parque Empresarial Vista Mar – 2<sup>a</sup> Planta  
35008 – El Sebadal

Las Palmas de Gran Canaria

Islas Canarias - España

Tfno.: +34 928 297356

Fax: +34 928 297891

Email: [info@tbn.es](mailto:info@tbn.es)

Web: [www.tbn.es](http://www.tbn.es)

Diseño Gráfico Portada:

TBN, S.L.

Diseño Gráfico, Maquetación e Impresión:

Gráficas Bordón, S.L.

Formato: 21 X 29.7 cm (A4)

Depósito Legal: GC-396-2010

ISSN: 2174-6052

Tirada de este número:

1.000 Ejemplares Gratuitos.

Periodicidad: Semestral

El PROPÓSITO EDITORIAL: Permitir el acercamiento de las estrategias y procesos de innovación llevadas a cabo por diferentes empresas e instituciones innovadoras, que sumado a la colaboración de agentes científicos como la Universidad y los Centros Tecnológicos, convierte a esta Revista en una adecuada vía para la transferencia de los conocimientos sobre tecnología a la sociedad. Por tanto, el propósito editorial se erige en ser fuente de conocimiento externo para la innovación en las empresas, potenciando el trabajo conjunto y de cooperación de los diferentes agentes implicados.



La Revista "Ingeniería del Mantenimiento en Canarias" se divulga también en abierto en el portal JABLE, archivo de prensa digital que ha desarrollado y gestiona la Biblioteca de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Se puede consultar además a nivel nacional a través del portal HISPANA del Ministerio de Cultura, así como en EUROPEANA, portal del patrimonio documental desarrollado por la Comisión Europea de la Unión Europea.

TBN recomienda RINCONES DEL ATLÁNTICO ([www.rinconesdelatlantico.com](http://www.rinconesdelatlantico.com)), publicación para la difusión del conocimiento, la valorización y la protección del paisaje y del patrimonio.

La Dirección de la Revista no acepta responsabilidades derivadas de las opiniones o juicios de valor de los trabajos publicados, que recaerán exclusivamente sobre sus autores.

Queda prohibida su reproducción sin la autorización expresa de la dirección de TBN- Ingeniería del Mantenimiento Industrial y Servicios Integrales de Lubricación.

## Prólogo:

Don Manuel León Ortega, Director General del Servicio Canario de Empleo.

## Cordial Saludo:

Don Luis García Martín, Director-Gerente de TBN.



### El Gran Telescopio Canarias

**Autores:**  
Lluís Cavaller Marqués y  
Javier Pancorbo García

8-22



### 75 Años de una Industria Histórica Canaria. Ron Aldea.

**Autor:**  
Francisco Suárez Moreno

23-31



### Aplicación de la Norma ISO 5001:2011 Sistema de Gestión de la Energía

**Autores:**  
Antonio Carretero Peña y  
J. Manuel García Sánchez

32-38



### Certificación de la Huella de Carbono en NH Hoteles

**Autores:**  
Departamento Corporativo de  
Medio Ambiente e Ingeniería

39-46



### La Reducción de Costes y La Calidad del Mantenimiento

**Autor:**  
Juan Pedro Maza

47-48



### Limpieza y Durabilidad de Paneles Fotovoltaicos en Canarias

**Autor:**  
Ricardo Guerrero Lemus

49-52



### El Mantenimiento y la Eficiencia Energética

**Autora:**  
Carolina Altmann

53-58



### El Reconocimiento de las Competencias Profesionales Adquiridas por la Experiencia Laboral

**Autora:**  
Lidia E. González Delgado

59-61



### El Análisis de la Gestión Aplicado al Diseño de una EBAR (Estación de Bombeo de Aguas Residuales)

**Autor:**  
Daniel Ramírez Barreiro

62-68



### Central Hidroeléctrica de El Hierro. Proyecto de Autoabastecimiento Energético

**Autor:**  
Juan M. Quintero Gutiérrez

69-85



### Sistemas Hidráulicos. Mantenimiento del Fluido.

**Autor:**  
Miguel Carrasco de Miguel

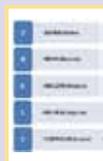
86-90



### Una Vuelta de Tuerca Más al TPM

**Autor:**  
J. Ignacio Becerra Sánchez

91-100



### Ingeniería de Fiabilidad

**Autor:**  
Jorge Asiain Sastre

101-103



### Tres Casos Prácticos sobre Análisis de Vibraciones

**Autor:**  
Gustavo A. Gómez Doncel

104-109



## Don Manuel León Ortega

### Director General del Servicio Canario de Empleo

La actual situación económica y social, reconocida a nivel mundial, alerta sobre la necesidad de un cambio global, un giro de 180° hacia una nueva forma de relacionarnos con nuestro entorno. Un cambio necesario hacia una economía sostenible que es reclamado por la ciudadanía y considerado por los expertos como una salida a la crisis. Un nuevo modelo económico basado en el desarrollo sostenible que incorpore de forma efectiva los tres pilares de la sostenibilidad: lo social y cultural, lo económico y lo medioambiental.

Dentro de este nuevo modelo es necesario que cualquier Estado vele por el empleo y por las condiciones laborales de sus ciudadanos. Esto es así, porque, aún siendo un derecho reconocido constitucionalmente, no siempre se controlan todas las variables presentes en el proceso y esto repercute en los demás ámbitos que, juntos, configuran el “estado del bienestar”.

Por tanto, dos podrían ser las principales preocupaciones relacionadas con la sostenibilidad del empleo en nuestro país: el horizonte profesional unido a la falta de formación y la escasa inversión en nuevos yacimientos de puestos de trabajo.

El Gobierno de Canarias, por medio de la Estrategia Canaria de Formación y Empleo (ECFE), está haciendo una apuesta fuerte por la empleabilidad en nuestro archipiélago, aportando soluciones en un plan coordinado. Entre sus objetivos destaca la mejora de “la productividad y la calidad en el empleo en un mercado de trabajo sostenible”.

Algunos sectores de la población española se encuentran sin horizonte profesional aparente y, por lo tanto, sin expectativas, debido a una falta de formación relacionada, en la mayoría de las ocasiones, con el abandono temprano del sistema educativo (en Canarias potenciado por el boom inmobiliario, con trabajos de baja cualificación) o a circunstancias personales de índole diversa. Ya la ECFE recoge “la mejora de la educación inicial y continua, reforzando el sistema de formación profesional” para paliar la falta de horizonte de las generaciones futuras o estos colectivos compuestos por personas mayores de 18 años carentes de titulaciones o acreditaciones que, sin embargo, han ejercido diferentes profesiones para las cuales no se requería ninguna titulación y ahora necesitan demostrar su especialización.

Con la finalidad de fomentar la empleabilidad de los ciudadanos españoles, se cuenta con el Catálogo Nacional de Cualificaciones Profesionales que será el marco de referencia para coordinar el proceso de evaluación y acreditación de las competencias profesionales en títulos de formación profesional y certificados de profesionalidad. Este proceso tiene su adecuación normativa en el Real Decreto 1224/2009, de 17 de Julio, de reconocimiento de las competencias profesionales adquiridas por experiencia laboral, que dará el instrumento necesario a las Administraciones Laborales y Educativas, tanto autonómicas como estatales, para que organicen y convoquen estas pruebas para acreditación y certificación. Uno de los objetivos que se persigue es acreditar oficialmente la experiencia laboral, al mismo tiempo que se va creando la cultura del aprendizaje permanente y el incremento de la

cualificación profesional, base del desarrollo de las economías y sociedades occidentales.

El sistema laboral y educativo se complementa así, abriendo de nuevo las puertas a quienes se bajaron del tren en marcha de la formación. Es un acto de justicia y progreso reconocer, mediante una certificación, a aquellos ciudadanos y ciudadanas que desarrollan o han desarrollado una actividad para la que se han capacitado por medio de la experiencia. Esta vía, junto con otras no formales de formación, servirán por medio de un procedimiento reglado, para acceder a las acreditaciones oficiales tan necesarias en el mercado laboral actual.

Otra de las facetas que se potencia es la incorporación a la Formación Profesional (si tienen la titulación para el acceso correspondiente: ESO, Bachillerato, etc.) para continuar su itinerario de formación. Las empresas canarias, desde el sector turístico, pasando por el industrial o el agrícola, tienen que ser ese eslabón, sin el que no es posible anclar en la realidad la formación laboral y, por lo tanto, las acreditaciones y certificaciones oficiales que demanda este nuevo escenario profesional. La Estrategia Canaria ya contempla entre sus objetivos esa “vinculación de la formación adquirida con certificados de profesionalidad”.

Estamos ante un nuevo tiempo donde los mercados globales, dominados por las nuevas tecnologías y empleos de alta especialización, requieren de personas dinámicas, activas, y con la correspondiente certificación, formación y experiencia que demuestre que están preparados, en continua formación, para enfrentar los cambios que se están produciendo.

En este sentido, el cambio exige que asumamos el reto y la oportunidad que ofrece un modelo de desarrollo económico más sostenible que haga compatible la prosperidad económica con el aumento del bienestar social y la mejora del medio ambiente. El desarrollo sostenible ofrece oportunidades para el empleo y la riqueza, convirtiéndose en este yacimiento de empleo tan necesario para afrontar la actual crisis. Según el Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE), el empleo en actividades relacionadas

con el medio ambiente representaba en 2009 un 2,62% de la población española ocupada, con un total de 530.947 puestos de trabajo. Recientes estudios muestran que las actividades relacionadas con la economía verde son las que tienen mayor potencial para crecer y por lo tanto, para crear empleo. El OSE cifra este potencial en 2,7 millones de puestos de trabajo en los próximos años.

Los empleos verdes se pueden crear en todos los sectores y empresas, y en muy diversas actividades relacionadas con la gestión de residuos, la depuración de aguas, la regeneración de suelos, la agricultura ecológica, el turismo sostenible, las energías renovables, la recuperación de espacios, el ecodiseño, el ahorro y la eficiencia energética, la mitigación o adaptación al cambio climático, la ecología industrial, la rehabilitación y la edificación sostenible, las tecnologías de la información y la comunicación o movilidad sostenible.

En Canarias, concretamente, se pueden destacar los sectores relacionados con la gestión de residuos y el agua, la incorporación de la sostenibilidad al sector turístico incluyendo la rehabilitación energética de edificios, las energías renovables, la agricultura ecológica o la gestión de espacios naturales, entre otros.

Para que la economía verde empiece a funcionar es necesario, no sólo el cumplimiento de la legislación, sino también una fuerte apuesta por la formación especializada y continua, por la sensibilización ambiental de la sociedad y una apuesta firme convertida en inversión por parte de las administraciones.

Por último, iniciativas como la publicación de TBN contribuyen significativamente a la divulgación de una economía en permanente innovación y crecimiento tecnológico, con experiencias, que facilitan el camino a empresas y emprendedores, para que nuestras empresas sean punteras y competitivas.

Este proyecto editorial marca lo que debe ser tendencia: tenemos empresas, tenemos innovación, tenemos trabajadores, tenemos ilusión.



Don Luis García Martín

Director - Gerente de TBN



## LA SED DE CONOCIMIENTO Y LA VISIÓN DEL MANTENIMIENTO

Estimados lectores;

En esta ocasión, intentaré exponer la importancia que tiene el **conocimiento en mantenimiento** y la **actitud** del personal que se dedica a esta profesión.

El mantenimiento, en los ámbitos educativos formales, no es un área de conocimiento con entidad propia reconocida. Pero en la práctica, es un campo de **conocimiento multidisciplinar** con un peso específico importante en los distintos sectores económicos. Este matiz de “multidisciplinariedad” implica que, al personal de mantenimiento, se le requiera un conjunto amplio de conocimientos, de capacidades, actitudes y destrezas para su desempeño profesional. Es más, se le presupone también otra serie de competencias transversales, que podrían ser aplicables a otros campos. En definitiva, un conglomerado de características que dan el perfil profesional necesario para enfrentar problemas y solucionarlos.

El otro aspecto fundamental, la **actitud**, lo quiero enfocar de la siguiente manera: Según el diccionario de la Real Academia Española, **Sed** es el deseo o necesidad muy fuerte de una cosa, necesidad de agua o humedad que tienen los campos o las plantas; y en el argot de la medicina, Anadipsia, es la necesidad o el deseo de beber. Si optamos por cambiar

la palabra **agua** por **conocimiento**, entonces puedo permitirme decir, que aquellas personas que han elegido la profesión del mantenimiento “**deben de tener**”, constantemente, sed de conocimiento. Como si fuera una enfermedad de dependencia, pero desde un punto de vista positivo. No se entiende consecuentemente, cualquier antónimo a esta cuestión.

Desde hace miles de años, la humanidad se preocupa por mantener, conservar, sostener, sustentar, cuidar y vigilar los temas relacionados con la cultura, la lengua, las religiones, las costumbres y tradiciones. Pues bien, yo me hago la siguiente pregunta: **¿por qué no mostramos el mismo interés por preservar en buenas condiciones nuestros equipos y máquinas de las instalaciones industriales, edificios, hoteles, etc.?** Probablemente no encuentren una respuesta coherente. Sin embargo, debemos de plantearnos: **¿será una cuestión de sed de conocimiento?**

El interés, el ingenio, la vocación, la disciplina, etc., que sumados a la acumulación de grandes dosis de conocimientos y experiencia, hace que se logren mejores y mayores éxitos en la gestión del mantenimiento de los activos de producción de las empresas.

Probablemente se deba al actual momento crítico que atravesamos, pero nunca antes, en muchos años se me había dado el caso de impartir tantos Cursos o Conferencias en un periodo tan corto de tiempo. En apenas 45 días: tres cursos en el COITI (Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales; dos módulos en el Máster en Ingeniería del Mantenimiento de TMI-GRUPO ATISAE (sedes Bilbao y Madrid); una conferencia en el Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento (León-Guanajuato-México); y por último en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y organizado por la Fundación Universitaria de Las Palmas, un módulo en el curso (por cierto memorable y extraordinario) titulado: **El Mantenimiento y su Contribución a la Eficiencia Energética**. Quiero destacar con respecto a este último, que una buena parte de los casi treinta alumnos, aparte de congratularse por la oportunidad y conveniencia de la materia en estos momentos, expresaron total satisfacción con los contenidos, lo que denota “*ganas de saber*”, e indirectamente, que “*siempre hay campo para enseñar*” (me preguntaban si sabía donde podrían dirigirse para realizar Cursos de Expertos o Máster de Mantenimiento en nuestro archipiélago). Por una parte, me alegré (detecté personas con sed de conocimiento), pero por otra, me entristecí cuando me decían que habían buscado información por doquier, pero que no habían encontrado nada. Solo vía universidad a distancia y el resto, en la península (costo inasumible en la mayoría de los casos).

¿Cómo vamos a pretender tener en Canarias personal sobradamente preparados en mantenimiento, si no le ponemos a su alcance

los medios? ¿Alguien cree que las máquinas y equipos serán fiables sin la necesidad de intervenciones periódicas preventivas, predictivas, proactivas, etc., llevadas a cabo por personal cualificado. ¿Qué estamento se va definitivamente a ocupar de este vacío, tan primordial para nuestro crecimiento y en un momento tan crucial como el actual?

Para finalizar, se me antoja poner un símil, basado en la técnica de la termografía por infrarrojos, de fácil entendimiento y que puede “hacer ver”, lo que no vemos, aunque podemos sentirlo.

*La visión del ser humano capta, por su diseño, la radiación electromagnética en el espectro de luz visible. Sin embargo, otros tipos de radiación electromagnética, como es el caso de la infrarroja, no es visible para nuestros ojos. Esto es debido a que dichos infrarrojos se encuentra en un espectro cercano a las microondas. Aunque los ojos no lo vean, las terminaciones nerviosas de nuestra piel los **perciben** en forma de calor.*

¿Nos animamos a **percibir** la imperiosa necesidad que hay de recibir “CONOCIMIENTO EN MANTENIMIENTO”?

Muchas gracias a los autores de esta nueva edición por su desinteresada colaboración.

#### D. Luis García Martín es:

- Miembro de la AEM (Asociación Española de Mantenimiento)
- Miembro de la AEND (Asociación Española de Ensayos No Destructivos)
- Miembro de ASTM (American Standard Test and Methodology-comité DO2 Lubricantes y Petróleo)
- Miembro de STLE (Society of Tribologists and Lubrication Engineers)
- Miembro de INGEMAN (Asociación para el Desarrollo de la Ingeniería de Mantenimiento)
- Miembro de AEC (Asociación Española de la Calidad).

# El Gran Telescopio Canarias



Lluís Cavaller Marqués



Javier Pancorbo García

Gran Telescopio Canarias, S.A.

## 1. HISTORIA DEL PROYECTO

**E**l Gran Telescopio Canarias (GTC) es el resultado de una iniciativa promovida por el Instituto de Astrofísica de Canarias para dotar al observatorio del Roque de Los Muchachos en La Palma, con un gran telescopio de características similares a los mayores y más avanzados telescopios del mundo que, con espejos primarios de entre 8 y 10 m de diámetro, estaban siendo desarrollados para los observatorios de Chile y Hawái.

La iniciativa para la construcción del telescopio se empezó a promover a mediados de los años ochenta, cuando se iniciaron los proyectos internacionales para la construcción de los grandes telescopios de Chile y Hawái. Los primeros pasos de esta iniciativa se realizaron en colaboración con el Observatorio Real de Greenwich del Reino Unido, que en esos años había instalado sus telescopios en el Roque de Los Muchachos, con el telescopio William Herschel, de 4,2 m de diámetro, como referente. La participación inicial de Gran Bretaña en el proyecto aportaba el “know-how” en la construcción y operación de grandes instalaciones telescópicas del cual en España se carecía en ese momento. Sin embargo, las autoridades británicas optaron finalmente por abandonar el proyecto y unirse a otro proyecto internacional, quedando el Instituto de Astrofísica de Canarias como único impulsor del proyecto, lo cual propició que muy pocos creyeran en la viabilidad del mismo. A pesar de ello, la competitividad del proyecto y su potencial económico —como estimulador del tejido empresarial y como impulsor de transferencia de tecnología hacia la indus-

tria— lograron convencer y, finalmente, movilizar los apoyos necesarios para llevarlo a cabo.

Tres eran las metas perseguidas con la construcción de este poderoso telescopio: la primera, dotar a la comunidad astronómica española de un telescopio propio de altas prestaciones; la segunda, mantener los observatorios de Canarias entre los más importantes del mundo; y la tercera, estimular la participación de la industria española y canaria en particular en proyectos de alta tecnología.

En 1994 se creó la empresa pública GRAN-TECAN, con la participación del Gobierno de España y del Gobierno de Canarias, encargada de la construcción del telescopio y su posterior operación. En 1996 se aprobó el proyecto y en 1998 se le dotó de la financiación necesaria.

En 2001 se unieron al proyecto la Universidad de Florida (EE.UU.) y las principales instituciones astronómicas de México: el Instituto de Astronomía de la Universidad Autónoma Nacional de México (UNAM) y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), participando, tanto la Universidad de Florida como el Gobierno de México, con un 5% del presupuesto de construcción y operación del telescopio, a cambio de un 5% del tiempo de observación para cada uno. El 90% restante del tiempo de observación está reservado a los grupos españoles de investigación astrofísica.

El proyecto se inició formalmente en 1996. Tras las fases de diseño, la construcción comenzó en 1999. El edificio principal, las instalaciones

auxiliares y la cúpula se entregaron a finales de 2002; y los trabajos de montaje y pruebas de la estructura mecánica y los accionamientos del telescopio concluyeron en 2006. Entre 2006 y 2007 se instalaron las primeras ópticas del telescopio, alcanzándose el hito de primera luz el 13 de Julio de 2007, en el cual se observó una estrella por primera vez.

Tras una fase de casi dos años en la que se completó la instalación de todas las ópticas, así como la puesta en marcha del primer instrumento científico y la realización de pruebas y ajustes de todo el sistema, el telescopio entró definitivamente en su fase de operación en marzo de 2009.

Durante los más de diez años que duró el proceso de diseño, construcción y montaje del telescopio han intervenido más de cien empresas. El coste total del proyecto ha sido de 105 millones de euros, con una aportación importante procedente de los Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER).

Más del 70% de esta obra de ingeniería ha sido llevada a cabo por empresas españolas, las cuales, gracias a su participación en este proyecto, han aumentado su competitividad y visibilidad internacional para optar a proyectos similares a nivel internacional. Actualmente algunas de las empresas que participaron en este proyecto están ya involucradas en proyectos internacionales

para la construcción de la siguiente generación de telescopios, que deben ver la luz en la próxima década, como es el caso del Telescopio Europeo Extremadamente Grande (E-ELT) con un espejo primario de 40m de diámetro.

La participación de empresas canarias y especialmente de La Palma ha sido también muy importante, no solo en el suministro de servicios fundamentales en el proceso de construcción y montaje, sino que en algunos casos se han desarrollado en Canarias componentes de alta tecnología para el proyecto. Un ejemplo de ello son los sensores con sensibilidad nanométrica desarrollados para mantener el alineado de los diferentes segmentos que conforman el espejo primario del telescopio.

En el año 2006 se produjo la adhesión de España como miembro de la organización del Observatorio Europeo del Hemisferio Austral (ESO), una de las pocas organizaciones científicas europeas a las que no pertenecía todavía España en ese momento. Dicha organización dispone de los grandes telescopios instalados en Chile y está desarrollando actualmente el proyecto E-ELT. El Gran Telescopio Canarias ha sido un factor fundamental para dicha incorporación, permitiendo el ingreso de España en condiciones ventajosas, facilitando como contrapartida el acceso de dicha organización al Gran Telescopio Canarias, como banco de pruebas para el desarrollo del E-ELT.



*Figura.Nº 1: Vista general de las instalaciones del Gran Telescopio Canarias.*

## 2. DESCRIPCIÓN

El Gran Telescopio Canarias es un telescopio reflector que posee un espejo primario de 10,4m de diámetro equivalente, que lo convierte en el mayor telescopio del mundo instalado hasta la fecha. El sistema se compone de los siguientes subsistemas principales: óptica, estructura mecánica, instrumentos científicos, sistema de control y cúpula, edificio e instalaciones auxiliares.

### 2.1. Sistema Óptico

La principal característica del telescopio es su espejo primario segmentado, constituido por 36 segmentos hexagonales que se mantienen alineados de forma activa mediante accionamientos y sensores de gran precisión, constituyendo una superficie óptica única.

Esta tecnología se ha desarrollado para permitir expandir el tamaño de los telescopios, que de otra manera estaban limitados al tamaño del espejo primario que podía fabricarse y pulirse de una sola pieza, que es de aproximadamente 8 m de diámetro. La construcción de espejos segmentados ofrece además importantes ventajas para el transporte y la manipulación de los espejos que, en el caso de grandes espejos monolíticos, resultaba extremadamente complicada.

Los telescopios americanos Keck, que entraron en servicio en Hawái a mediados de los años 90, demostraron la viabilidad de esta tecnología, siendo el GTC el primer telescopio con espejo segmentado construido en Europa. La tecnología de espejos segmentados es la base para el desarrollo de los futuros telescopios extremadamente grandes, con espejos primarios entre 30 y 40 m, que se están proyectando actualmente y del nuevo telescopio espacial que va a relevar al exitoso telescopio Hubble en los próximos años.

El sistema óptico del telescopio se completa con el espejo secundario y el terciario, que dirigen la luz proveniente del espejo primario hasta las estaciones focales donde se disponen los instrumentos científicos que captan y analizan la luz proveniente del telescopio. El telescopio consta de hasta siete posibles estaciones focales, en las cuales se instalan instrumentos con diferentes características para realizar distintos tipos de observaciones. Actualmente, solo dos de estas

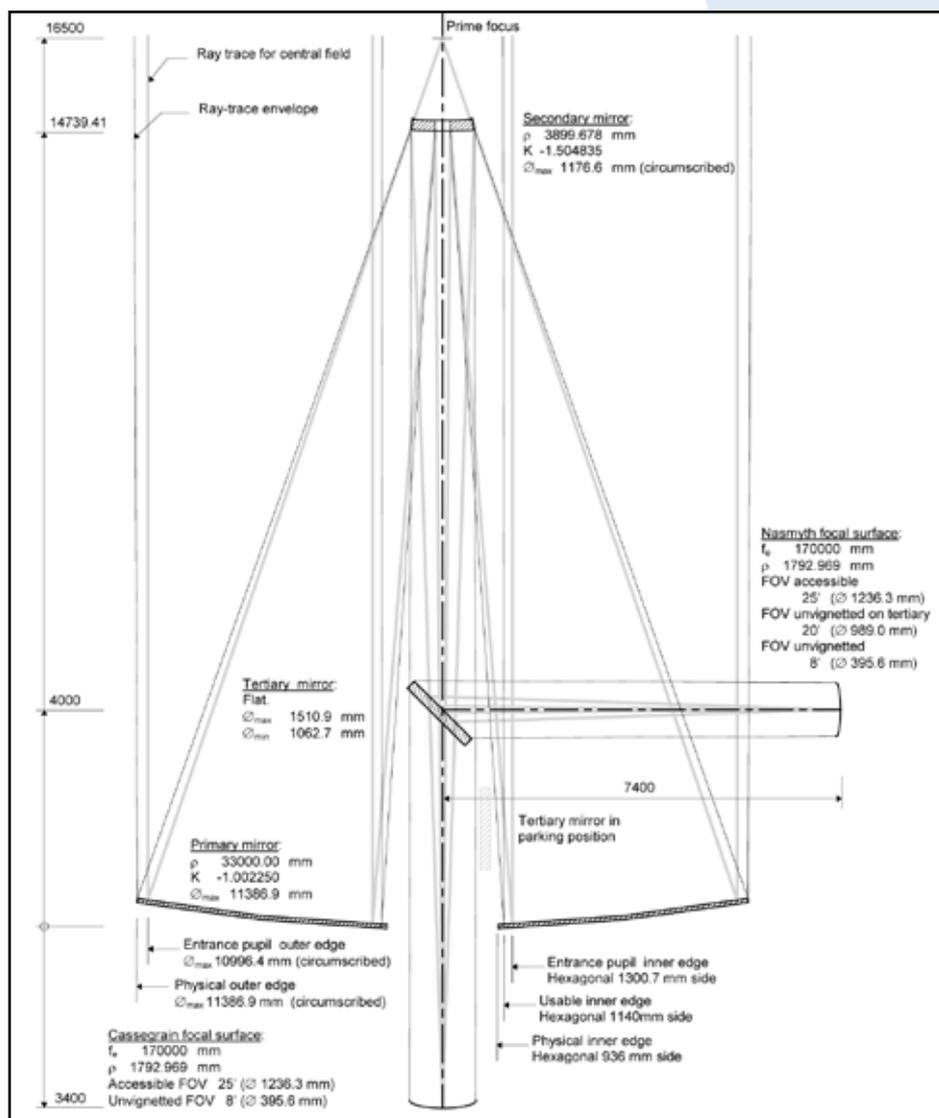


Figura N° 2: Esquema óptico del Gran Telescopio Canarias (dimensiones en mm).

estaciones están en operación con los dos instrumentos de primera generación del telescopio. El resto de estaciones focales se irán equipando en los próximos años con la nueva instrumentación que está siendo desarrollada como parte del programa de desarrollo continuo del telescopio.

El espejo primario lo forman 36 espejos hexagonales de material vitrocerámico (Schott Zero-

dur). Dicho material se utiliza debido a su coeficiente de expansión térmica extremadamente bajo, que garantiza la estabilidad de la superficie del espejo ante las variaciones de temperatura que se producen durante la observación. La superficie óptica de los segmentos está recubierta de aluminio para dotarles de la reflectividad necesaria.



*Figura N° 3: Espejo primario compuesto por 36 segmentos hexagonales con la torre del espejo terciario en su centro. El área colectora total es de 84,2 m.<sup>2</sup> El diámetro máximo del espejo entre vértices de los segmentos es de 11,3 m, el diámetro del círculo equivalente es de 10,4 m.*

Cada segmento es una sección del hiperboloide nominal que define el espejo primario. Los 36 segmentos se organizan en seis grupos de seis segmentos idénticos, existiendo seis segmentos adicionales de repuesto, uno por grupo, para permitir la sustitución de los segmentos que requieren renovar su recubrimiento. De esta forma se va renovando el recubrimiento de los segmentos de forma periódica para conservar su reflectividad, manteniendo siempre el telescopio operativo.

Cada uno de los segmentos está fijado a la estructura metálica del telescopio mediante tres actuadores electromecánicos de posición, que permiten mover el segmento en posición e inclinación de forma independiente respecto al resto del espejo. La posición relativa entre los segmentos colindantes se mide mediante sensores de posición capacitivos que determinan la posición relativa entre segmentos con precisión nanométrica. En total, el espejo primario cuenta con 108 actuadores de posición y 168 sensores de posición. Adicionalmente, cada segmento dispone de

seis actuadores que deforman elásticamente el segmento, permitiendo variar la curvatura de la superficie óptica para mantenerla en todo momento en su forma nominal, corrigiendo errores de fabricación o deformaciones gravitatorias de los segmentos.

Para garantizar la calidad de imagen de la observación es necesario mantener las superficies ópticas con una precisión de una fracción de la longitud de onda de la radiación observada. Para la radiación visible que tiene una longitud de onda entre 400 nm y 700 nm, es necesario mantener la calidad óptica de las superficies en unas pocas decenas de nanómetros respecto a su forma nominal. Mediante este sistema de soporte activo del espejo primario, se consigue un error máximo de alineado de los segmentos de 25 nm y una precisión promedio de la superficie óptica de todo el espejo primario de 15 nm rms.



*Figura N° 4: Sistema de actuadores y sensores del espejo primario.*

El espejo secundario es un único espejo con forma de hiperboloide convexo de 1,1 m de diámetro máximo y está fabricado en berilio para obtener la máxima rigidez con el mínimo peso, siendo éste un requisito indispensable para permitir el movimiento rápido del espejo. Este espejo dispone de dos etapas de accionamientos dispuestos en serie. La primera etapa está constituida por un hexápodo con seis actuadores lentos de husillo que permite alinear el espejo secundario respecto al primario con seis grados de libertad. La segunda etapa está constituida por tres actuadores directos rápidos que permiten el balanceo rápido del espejo. El balanceo rápido del espejo secundario tiene dos funciones principales: 1) mantener la estabilidad de la imagen durante las observa-

ciones, corrigiendo las deformaciones dinámicas de la estructura del telescopio producidas por ráfagas de viento; y 2) aumentar el contraste en determinado tipo de observaciones, permitiendo abstraer de la imagen del objeto observado, la imagen del fondo del cielo próximo al objeto.

El sistema óptico del telescopio se completa con el espejo terciario que es un espejo plano con forma elíptica de 1,5 m x 1 m, que dirige la luz a las diferentes estaciones focales. Dicho espejo dispone de accionamientos que permiten orientarlo hacia las diferentes estaciones focales del telescopio para permitir la observación con los instrumentos científicos instalados en las mismas.

El sistema de actuadores y sensores del espejo primario, junto con el sistema de actuación del espejo secundario, constituyen el sistema de óptica activa del telescopio. Dicho sistema permite corregir de forma automática, y en tiempo real, el alineado de los espejos durante la operación, corrigiendo errores de fabricación y montaje de los espejos, desalineados y deformaciones gravitatorias y térmicas de la estructura mecánica del telescopio, y deformaciones dinámicas de la estructura producidas por ráfagas de viento.

Para controlar el alineado del sistema óptico, el telescopio dispone de sensores ópticos de frente de onda en las estaciones focales que verifican la calidad de imagen que reciben los instrumentos científicos proveniente del telescopio, realimentando de esta forma el lazo de corrección del sistema de óptica activa.

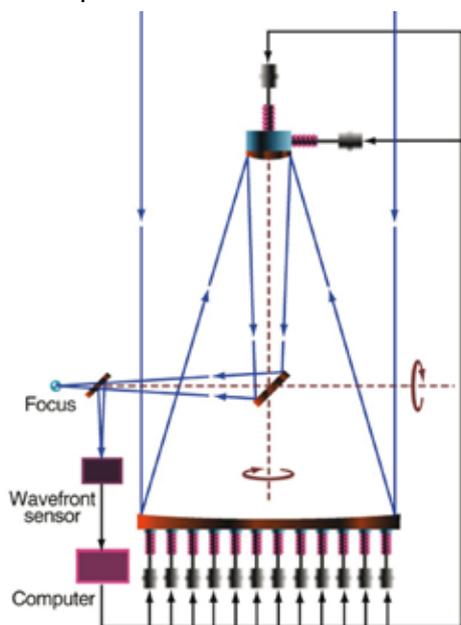


Figura N° 5:

Esquema de funcionamiento del sistema de óptica activa.

Si bien el telescopio con su sistema de óptica activa es capaz de corregir las perturbaciones producidas sobre el telescopio que afectan a su calidad de imagen, la radiación que recibe el telescopio está afectada por los efectos fluctuantes de la turbulencia atmosférica, que es inherente al emplazamiento del telescopio en la superficie de la tierra y que limitan finalmente las prestaciones del telescopio.

Para minimizar en lo posible los efectos de la turbulencia atmosférica, el telescopio está situado en uno de los lugares con mejores condiciones de observación del mundo, como es el Observatorio del Roque de Los Muchachos. Sin embargo, aun en sitios privilegiados como ese, la radiación que llega al telescopio está afectada por la turbulencia atmosférica, aunque su efecto sea menor que en otros emplazamientos.

En los próximos años, como parte del programa de desarrollo continuo, se dotará una de las estaciones focales del telescopio con un sistema de óptica adaptativa. Dicho sistema permitirá un paso más en la corrección de la calidad de imagen que reciben los instrumentos científicos, corrigiendo también el efecto de la turbulencia atmosférica, para obtener prestaciones similares a las alcanzadas por los telescopios espaciales en determinadas longitudes de onda de observación.

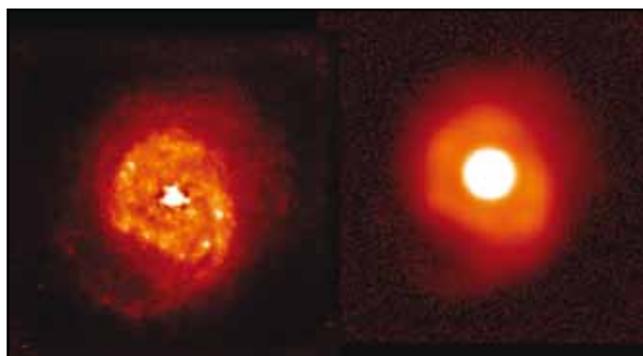


Figura N° 6:

Comparación de imágenes obtenidas con el telescopio Canadá-Francia-Hawái de 3,6m aplicando la corrección de Óptica Adaptativa (izquierda) y sin corrección de Óptica Adaptativa (derecha).

El sistema de óptica adaptativa consiste en un espejo deformable muy rápido dispuesto en el camino óptico del telescopio, que deforma su superficie mediante un gran número de actuadores piezoeléctricos para compensar, en tiempo real, los efectos de la turbulencia atmosférica sobre la imagen del telescopio. Al igual que el sistema de óptica activa, el sistema de óptica adaptativa se

realimenta mediante un sensor óptico de frente de onda que verifica la calidad de imagen en la estación focal del telescopio. El principio de funcionamiento del sistema de óptica adaptativa es similar y complementario al sistema de óptica activa, siendo su principal diferencia la velocidad de corrección (que en el caso de la óptica adaptativa llega hasta los 200 Hz) y el rango de las correcciones aplicadas (que para el espejo deformable son nanométricas).

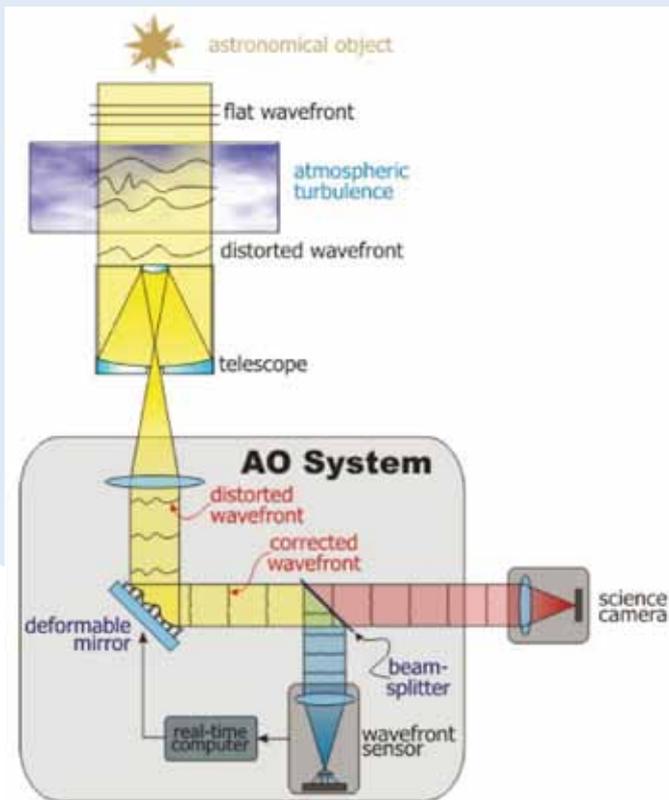


Figura Nº 7:

Esquema de funcionamiento del sistema de óptica adaptativa.

## 2.2. Estructura Mecánica

La estructura mecánica del Gran Telescopio Canarias tiene configuración Altacimutal. Dicha configuración dispone de dos ejes de giro que permiten el apuntado del telescopio a cualquier punto del cielo mediante el giro combinado de ambos: el eje de azimut orientado hacia al cenit y el eje de elevación horizontal. Adicionalmente es necesario introducir una tercera rotación del plano focal del telescopio alrededor de su eje óptico, para corregir la rotación aparente de la bóveda celeste que se produce durante el seguimiento de un objeto en el cielo.

Antiguamente los grandes telescopios se construían con configuración Ecuatorial, en la cual un

eje se dispone apuntando al polo (eje horario) y el otro eje se dispone perpendicular a este primero (eje de declinación). Este tipo de configuración tiene la ventaja de que, una vez apuntado el objeto, solo es necesario girar el eje horario para seguir el objeto compensando el movimiento de la tierra. El giro sobre el eje horario se realiza además a la velocidad constante de giro de la tierra, simplificándose el sistema de control necesario para el guiado del telescopio. La construcción de la estructura mecánica con esta configuración resulta por otra parte compleja, voluminosa, pesada y por tanto cara, lo que ha propiciado la adopción universal de la configuración Altacimutal en los grandes telescopios modernos, una vez que los problemas de control sincronizado de varios ejes han sido resueltos.

La estructura del telescopio tiene una altura total de 27 m y un peso aproximado de 350 Tm

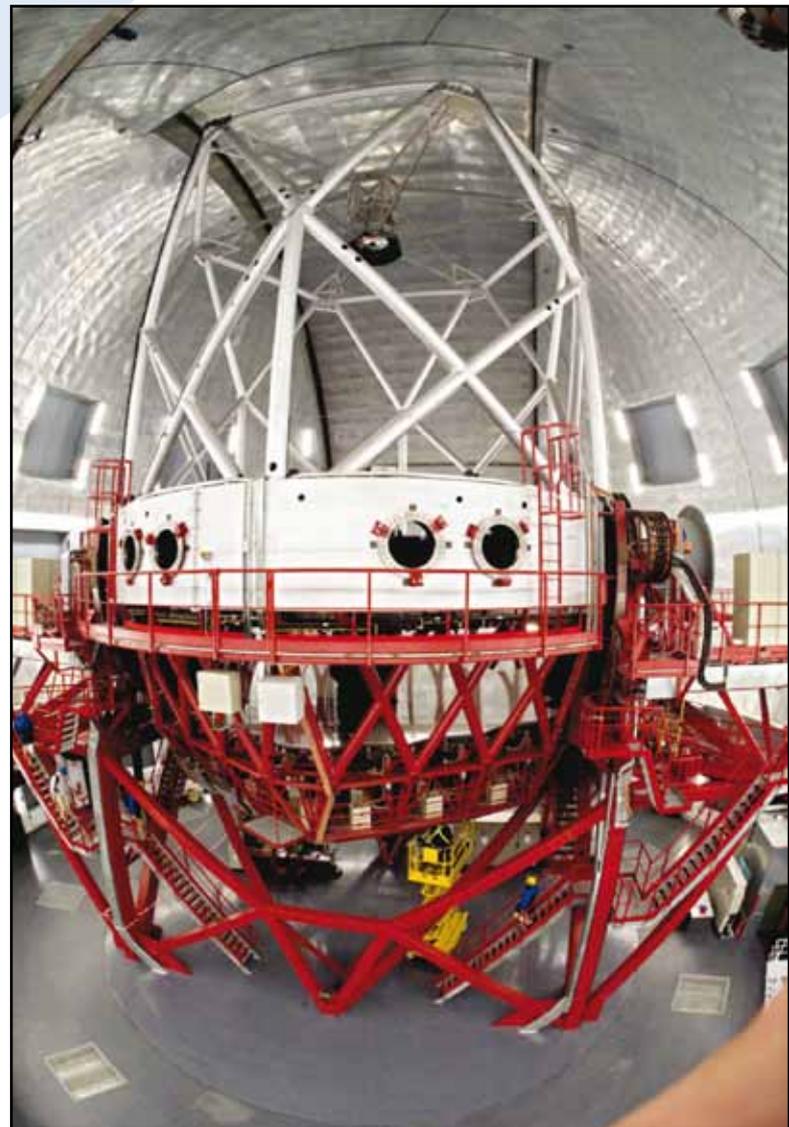


Figura Nº 8:

Vista general de la estructura mecánica del telescopio.

incluyendo el peso de la óptica e instrumentación. La estructura dispone de dos plataformas para instrumentación en las estaciones focales Nasmyth situadas a una altura de 9,6 m cubriendo un diámetro máximo de 27,5 m. El eje de elevación del telescopio se encuentra situado a una altura de 11,7 m respecto al suelo del telescopio.

zan en la construcción de los grandes telescopios ya que proporcionan gran rigidez, con un peso reducido y poca inercia térmica. La estructura de barras permite, a su vez, mantener la estructura muy abierta, reduciendo el efecto de las ráfagas de viento sobre la misma y minimizando la alteración del flujo de aire natural que atraviesa el



*Figura N° 9: Vista del tubo del telescopio con una de las plataformas Nasmyth de instrumentación a la izquierda.*

La estructura mecánica está constituida por tres partes principales: el anillo de acimut que define la pista sobre la que se desliza el telescopio en su movimiento de acimut y soporta el peso de la estructura, la montura que soporta el eje de elevación y las plataformas Nasmyth para instrumentación y el tubo que soporta la óptica del telescopio.

La estructura está construida principalmente mediante barras soldadas de acero con nudos atornillados, para facilitar el premontaje de la estructura en fábrica y el posterior desmontaje para el transporte y ensamblado en el observatorio.

Las estructuras espaciales de barras se utili-

telescopio. Reducir la alteración del flujo de aire natural que atraviesa el telescopio resulta fundamental para evitar la inducción de turbulencias de aire en el entorno del telescopio que, al igual que sucede con las turbulencias atmosféricas, degradan la calidad de imagen. Igualmente es importante que la inercia térmica de la estructura sea reducida para mantenerla a temperatura ambiente durante la observación, evitando gradientes térmicos que, por una parte, producen deformaciones en la estructura y, por otra, contribuyen también a la generación de turbulencias.

La introducción de la óptica activa en los telescopios ha permitido relajar los requisitos sobre la estructura mecánica y ha favorecido incrementar

su tamaño, ya que este sistema permite compensar las deformaciones gravitatorias, térmicas y otras perturbaciones producidas sobre la estructura. Sin embargo, a pesar de la introducción de estos sistemas, es necesario mantener la rigidez de la estructura y reducir los efectos térmicos para mantener limitados los rangos de corrección necesarios del sistema de óptica activa. Resulta igualmente importante mantener las frecuencias propias de la estructura en valores altos para no limitar el ancho de banda del control de los accionamientos de acimut y elevación del telescopio, asegurando unas buenas prestaciones de rechazo frente a perturbaciones por ráfagas de viento.

A pesar del premontaje y pruebas de la estructura realizados en fábrica, el montaje final en el observatorio resultó muy laborioso debido a las estrictas tolerancias de alineado requeridas en las diferentes partes de la estructura y a los limitados recursos técnicos y difíciles condiciones de trabajo existentes en el observatorio. Como ejemplo, el anillo de acimut tiene una planitud de 0,15 mm para un diámetro total de 15 m. Las 36 subestructuras en las cuales se fijan los segmentos del espejo primario están alineadas con una precisión de 0,2 mm. Los dos muñones del tubo que definen el eje de elevación están alineados con una precisión de 0,3 mm.

El anillo de acimut está construido mediante una viga cajón circular de 15 m de diámetro construida en 4 segmentos que se atornillan entre ellos y al pilar de hormigón que fija el telescopio a la cimentación. La superficie horizontal del anillo soporta el peso del telescopio, mientras que la superficie cilíndrica exterior guía el telescopio durante el giro de acimut.

Los accionamientos de los ejes de acimut y elevación del telescopio tienen configuraciones similares. En ambos casos están basados en cojinetes hidrostáticos, motores lineales directos y codificadores ópticos para determinar su posición. El rango de giro del eje de acimut es de 540°, mientras que el del eje de elevación es de 90°.

Los cojinetes hidrostáticos mantienen el telescopio flotando, aproximadamente 60 micras sobre la pista de deslizamiento, mediante la expulsión de aceite a presión en las zapatas de apoyo, permitiendo el movimiento con la máxima suavidad en ausencia de fricción. Con este sistema,

una persona es capaz de mover el telescopio con la mano con relativa facilidad a pesar de su enorme peso.

En el caso del accionamiento de acimut, el peso del telescopio se soporta sobre el anillo de acimut en 4 zapatas hidrostáticas, cada una situada en uno de los cuatro nudos principales de la estructura, soportando una carga aproximada de 90 Tm cada una. El guiado sobre la pista radial se realiza igualmente mediante otras 4 zapatas hidrostáticas.

El accionamiento de elevación dispone de dos zapatas hidrostáticas a cada lado del tubo, soportando el tubo por las superficies cilíndricas de sus dos muñones. La posición lateral del tubo queda definida, a su vez, por dos zapatas hidrostáticas en cada muñón actuando sobre sus caras frontales.

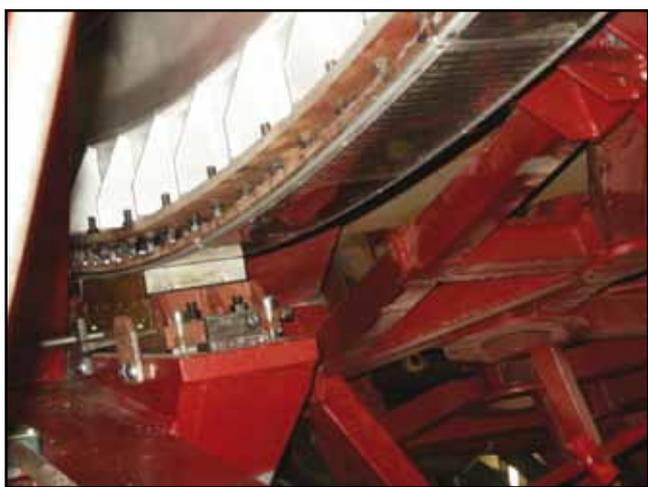


*Figura N° 10: Detalle de una de las zapatas hidrostáticas del eje de elevación en operación.*

El sistema de cojinetes hidrostáticos requiere de 2.700 litros de aceite hidráulico para su operación, y la presión necesaria la proporciona un sistema de bombeo exterior que impulsa el aceite a una presión aproximada de 100 bar. Una vez expulsado el aceite por las zapatas, el aceite se deposita en unas bandejas de recogida y se retorna al sistema de impulsión.

Los motores de acimut y elevación del telescopio son motores lineales directos que evitan la necesidad de sistemas de transmisión entre el motor y el eje. Con el uso de este tipo de motores se evita la flexibilidad que introduciría la transmisión, aumentándose el ancho de banda del sistema de control de los ejes, eliminándose igualmente las

imprecisiones de movimiento inherentes a los sistemas de transmisión. Los motores directos están basados en una distribución de imanes permanentes alrededor de los ejes ( $\varnothing 15$  m en el eje de acimut y  $\varnothing 9$  m en el eje de elevación) y varios bobinados dispuestos en la estructura que actúan sobre estos. En el eje de acimut, el motor dispone de 8 bobinados dispuestos en los cuatro nudos principales de la estructura proporcionando un par máximo de 180.000 Nm. En el eje de elevación, el motor dispone de 4 bobinados a cada lado del tubo proporcionando un par máximo de 64.000 Nm.



*Figura N° 11: Detalle de la distribución de los imanes del eje de elevación del telescopio y uno de sus bobinados.*

Para conocer la posición del telescopio, ambos ejes disponen de codificadores ópticos basados en reglas graduadas fijadas alrededor de ambos ejes ( $\varnothing 15$  m en el eje de acimut y  $\varnothing 2$  m en el eje de elevación). Dichas reglas están graduadas con marcas incrementales, con separaciones de 40 micras, que son captadas por sensores ópticos durante el movimiento del telescopio. Las lecturas obtenidas por los sensores ópticos son posteriormente interpoladas, mejorándose la resolución de la lectura. Para aumentar la precisión de la lectura, se disponen 8 sensores de posición en el eje de acimut y 16 sensores de posición repartidos a ambos lados del eje de elevación. Adicionalmente a las marcas incrementales, las reglas disponen de una segunda graduación con marcas absolutas, lo cual permite posicionar el telescopio de forma absoluta.

En el caso del eje de acimut, la regla graduada está dispuesta en un alojamiento de  $\varnothing 15$  m de diámetro, lo cual lo convierte en el mayor codificador del mundo de estas características instalado hasta la fecha.



*Figura N° 12: Detalle de una de las cintas codificadoras del eje de elevación y dos de los sensores ópticos.*

Si bien los codificadores y el sistema de actuación de los ejes del telescopio descrito permiten un movimiento del telescopio con una precisión del orden de 0,05 segundos de arco, la extrema estabilidad de imagen requerida durante el seguimiento de los objetos en determinadas observaciones hace que el seguimiento, confiando únicamente en los codificadores del telescopio, no sea suficiente. Para ello, durante la observación, la estabilidad del objeto observado se verifica de forma continua mediante un sensor óptico situado en la estación focal del telescopio, derivándose de esta lectura las correcciones necesarias en los movimientos de los ejes del telescopio.

Los ejes del telescopio disponen además de diferentes sistemas auxiliares y de seguridad como es el caso de frenos, finales de carrera y amortiguadores de impactos o pines de bloqueo para su aparcado.

El telescopio posee igualmente sistemas rotadores para instrumentos científicos en las dos estaciones focales Nasmyth. Dichos sistemas permiten compensar la rotación aparente del cielo que se aprecia en el plano focal en los telescopios con montura Altacimutal. Los rotadores de instrumentos consisten en una brida rotante de 2,5 m de diámetro, a la cual se fija el instrumento científico. En este sistema, el instrumento se rota siguiendo el giro aparente del cielo durante la observación, manteniéndose fija de esta forma la orientación del cielo respecto al instrumento. Los rotadores de instrumentos del telescopio permiten cargar instrumentos científicos de hasta 2,5 Tm. En el caso de requerirse instrumentos mayores, estos se fijarán estáticos a las plataformas de

instrumentación, realizándose la compensación del giro aparente del cielo mediante sistemas ópticos que deberán ser provistos por el propio instrumento. El accionamiento de los rotadores

independiente que gira sincronizado con el eje de acimut, evitando introducir perturbaciones provenientes del giro del cableado en el movimiento del telescopio.

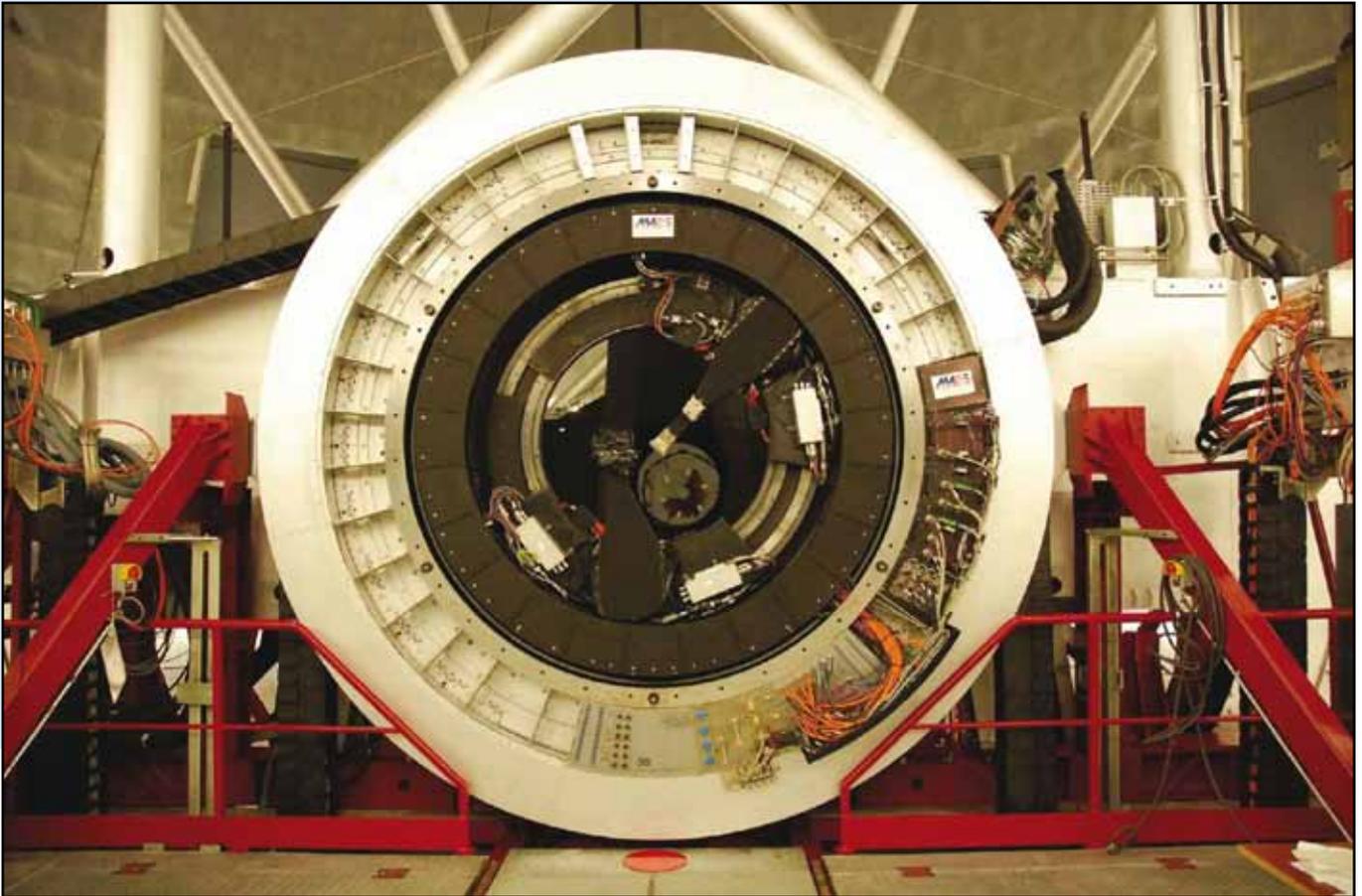


Figura N°13: Detalle del rotador de instrumentos científicos de una de las estaciones focales Nasmyth.

de instrumentos, al igual que el de los ejes de acimut y elevación, está basado en motores lineales directos y codificadores ópticos; si bien, en este caso, el eje de giro está soportado mediante un rodamiento pasivo de rodillos cruzados en lugar de mediante cojinetes hidrostáticos, ya que la carga que soportan estos sistemas es muy inferior a la que soportan los ejes de acimut y elevación.

Un problema fundamental en la operación del telescopio es el ruteado de la gran cantidad de cableado y conductos necesarios para su operación a través de sus ejes de giro, permitiendo los rangos de giro necesarios. Para ello, tanto el eje de acimut como el eje de elevación y el eje del rotador de instrumentos disponen de sistemas rotadores de cables que permiten el giro ordenado del cableado durante el movimiento del telescopio. En el caso del eje de acimut, el sistema de rotación de cables dispone de un accionamiento

### 2.3. Cúpula y edificio

El telescopio se encuentra alojado dentro de una cúpula esférica de acero de 34 m de diámetro exterior, con una altura máxima de 45 m sobre el nivel del terreno, que lo protege de las condiciones climatológicas cuando éste no se encuentra en operación. Igualmente, cuando el telescopio está observando, la cúpula proporciona protección al telescopio frente a las ráfagas de viento.

El diseño de la cúpula busca satisfacer dos intereses contrapuestos. Por una parte, debe proporcionar protección al telescopio frente al viento durante la observación, con lo cual el diseño trataría de ser lo más cerrado posible. Por otra parte, debe producir la mínima alteración del régimen del flujo natural de aire y debe favorecer la ventilación natural del telescopio para reducir la generación de turbulencias que afectan ne-

gativamente a la calidad de imagen, con lo cual el diseño de la cúpula debería ser abierto. Para satisfacer ambos intereses la cúpula presenta un gran número de aperturas de ventilación, las cuales se configuran dependiendo de la orientación e intensidad del viento para permitir la ventilación del telescopio, manteniendo bajo control la carga de viento sobre la estructura del telescopio.

La apertura de observación se cierra mediante dos compuertas con movimiento vertical. En caso de observación en periodos de fuertes vientos, puede desplegarse una pantalla semipermeable cubriendo parcialmente la apertura de observación para reducir la carga de viento sobre el telescopio.

pudiendo girar de forma continua en ambas direcciones. Para ello, los suministros eléctricos hacia la cúpula se realizan mediante contactos eléctricos deslizantes.

La cúpula está sustentada sobre el terreno mediante un pilar cilíndrico de hormigón de 31 m de diámetro, siendo la cimentación de este pilar independiente de la cimentación de la estructura del telescopio, para evitar la transmisión de perturbaciones desde la cúpula al telescopio. El peso total de la cúpula es de aproximadamente 400 Tm.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta en el diseño de la cúpula es su control térmico.

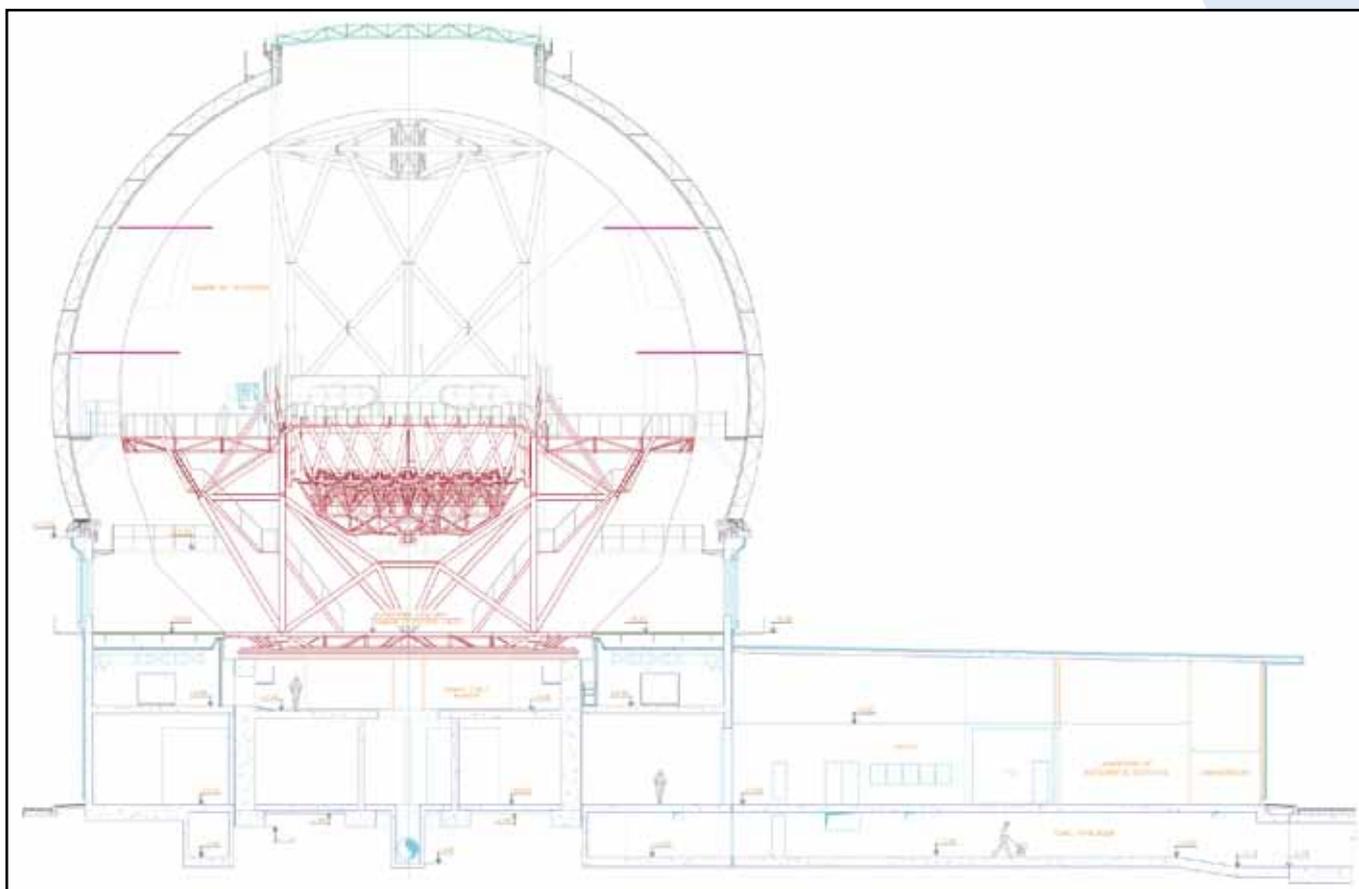


Figura N° 14: Sección de la cúpula y el edificio.

La cúpula gira alrededor del eje de acimut para orientar la apertura de observación hacia la zona de interés. Durante todo el proceso de observación, la cúpula sigue el movimiento del telescopio, manteniendo la apertura enfrentada con el telescopio. El movimiento de la cúpula se realiza sobre un rail circular situado sobre el pilar de hormigón que la sostiene. El accionamiento del giro se realiza mediante carretes motorizados. El rango de giro de la cúpula no está limitado,

Así, todas las fuentes de calor del entorno del telescopio tienen refrigeración líquida, mediante un circuito cerrado de agua glicolada, que extrae el calor generado disipándolo al entorno lejos de la cámara del telescopio. El interior de la cúpula dispone además de un sistema de climatización que durante el día, cuando el telescopio no está operando, mantiene el entorno del telescopio a la temperatura que se espera al inicio de la noche. De esta forma, al abrirse la cúpula para iniciar la

observación al anochecer, el telescopio y su entorno se encuentran ya a temperatura ambiente, evitándose gradientes térmicos que producirían deformaciones en la estructura y contribuirían a la generar turbulencias en el flujo de aire.

La superficie exterior de la cúpula también está tratada para facilitar su control térmico. El color plateado de la cúpula impide su calentamiento excesivo durante el día debido a la radiación solar, evitándose a su vez el excesivo enfriamiento durante la noche debido al intercambio radiativo con el cielo, alcanzándose en la superficie de la cúpula durante la noche una temperatura próxima a la temperatura ambiente.

El edificio anexo alberga las dependencias e instalaciones necesarias para la operación del telescopio, tales como sala de control, oficinas, talleres, laboratorio de instrumentos, instalaciones de limpieza y recubrimiento de espejos, almacenes, transformadores eléctricos, climatizadoras, enfriadoras y sistemas de bombeo de agua, sistema de bombeo de aceite, sistemas de protección contra incendios, etc. Al igual que la cúpula, el diseño del edificio anexo y la urbanización del área del telescopio están optimizados para reducir el efecto sobre el flujo de aire dominante y evitar la generación de turbulencias en el entorno del telescopio. El color blanco del edificio y del área urbanizada evita el excesivo calentamiento durante el día y produce un mayor enfriamiento que en el caso de la cúpula durante la noche, favoreciéndose la estratificación del flujo de aire natural.

## 2.4. Sistema de Control

El control y la coordinación de todos los subsistemas que componen el Gran Telescopio Canarias se lleva a cabo mediante un sistema de control desarrollado específicamente para este proyecto, que opera la instalación como una sola entidad, proporcionando a los usuarios una interfaz homogénea. El sistema de control satisface además las necesidades de cómputo del telescopio y de los instrumentos científicos, y está compuesto por el software y el hardware necesarios para desempeñar las siguientes funciones:

- Control y seguimiento con el objetivo de gestionar de manera óptima la ejecución de las observaciones científicas.
- Gestión de datos astronómicos, de su adquisición, reducción y archivo.

- Procesamiento en línea para las calibraciones del telescopio y sus instrumentos.
- Interfaces para el procesamiento off-line (análisis de datos).

El sistema de control es además responsable de garantizar la seguridad de la instalación, disponiéndose de un sistema de seguridad y enclavamiento que funciona en paralelo al sistema de control principal y gestiona los permisos para la operación del telescopio, verificándose en todo momento que la instalación se encuentra en condiciones de seguridad.

El sistema de control está basado en una arquitectura de software abierta y flexible, modular, distribuida, orientado a objetos, multi plataforma y multi lenguaje, además de compleja y extensa. Está dividido en tres niveles de control (observaciones, coordinación de operaciones, monitorización y control de equipos), accediéndose de un modo transparente a los distintos servicios con un nivel de calidad adecuado.

La implementación de esta arquitectura se basa en el empleo de una capa intermedia distribuida realizada en CORBA y el uso del sistema operativo VxWorks para funciones de tiempo real, de manera que se garantiza que todas las tareas disponen de los recursos necesarios para su ejecución. Se trata de un desarrollo orientado a objetos implementado en Java y C++, según la metodología propia de este tipo de implementaciones: objetos, abstracción, encapsulación, polimorfismo, herencia y sobrecarga de métodos. Como lenguaje de modelado se ha empleado UML (Unified Modeling Language), un lenguaje gráfico para visualización, especificación, construcción y documentación de sistemas.

El sistema de control ha sido desarrollado íntegramente por la empresa GRANTECAN. Los objetivos que movieron al desarrollo interno del sistema fueron garantizar el control sobre el producto y permitir la evolución del sistema a lo largo de la vida del telescopio, evitando la dependencia de terceros.

## 2.5. Instrumentos Científicos

Los instrumentos científicos instalados en las estaciones focales del telescopio permiten analizar la radiación captada por el telescopio. Actualmente se encuentran instalados en el telescopio

los dos instrumentos de la primera generación: OSIRIS, que fue el primer instrumento en entrar en operación en 2009 y CanariCam que entrará en servicio a finales de 2011.

OSIRIS es una cámara y espectrógrafo de propósito general para radiación visible, diseñado para estudiar aspectos relacionados con la evolución de las galaxias y con la propia evolución del Universo, que ha sido desarrollado por el Instituto de Astrofísica de Canarias en colaboración con la Universidad Nacional Autónoma de México.

OSIRIS proporciona un gran campo de visión de 7x7 minutos de arco y presenta, además de los modos de observación tradicionales de imagen y espectroscopía con rendija larga, modos de imagen en banda estrecha y espectroscopía multiobjeto con la cual pueden analizarse de

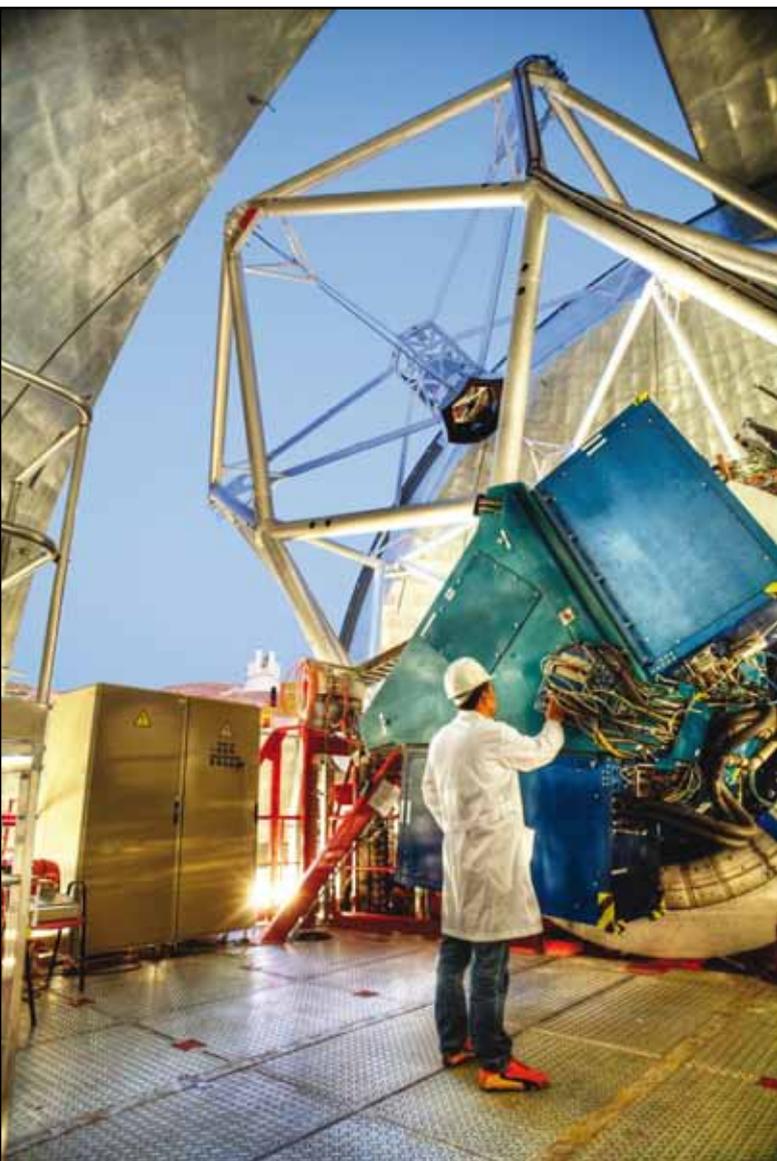
forma simultánea varios objetos. El instrumento está dotado de filtros sintonizables que permiten el análisis de las emisiones de los objetos en rangos muy estrechos de longitudes de onda. Estos filtros sintonizables, instalados en un telescopio de gran diámetro, hacen de OSIRIS un instrumento único en su clase.

CanariCam es una cámara y espectrógrafo desarrollado por la Universidad de Florida (EE. UU.) para operar en longitudes de onda de radiación infrarroja térmica, entre 7,5 y 25 micras. Sus capacidades de observación incluyen imagen en banda ancha y banda estrecha, espectroscopía de rendija larga, polarimetría y coronografía. CanariCam proporciona un campo de visión de 19x26 segundos de arco y es el primer instrumento de rango infrarrojo térmico que lleva a cabo tanto polarimetría como coronografía, desempeñando así funciones que en otros telescopios realizarían al menos tres instrumentos distintos.

La capacidad polarimétrica de CanariCam le va a permitir estudiar la radiación polarizada emitida por los objetos más fríos del Universo, como estrellas en formación o planetas extrasolares orbitando en torno a estrellas lejanas. CanariCam además analizará la forma, estructura y composición de una gran variedad de objetos, siendo especialmente útil a la hora de detectar enanas marrones y estudiar en profundidad el centro de nuestra galaxia. Por otra parte, la capacidad de coronografía le permitirá la detección de planetas extrasolares orbitando alrededor de objetos brillantes.

Además de la primera generación de instrumentos que ya se encuentran instalados en el telescopio, la segunda generación está ya en fase de construcción. Esta segunda generación está compuesta por EMIR, FRIDA y CIRCE, todos ellos cámaras y espectrógrafos diseñados para operar en el rango de radiación infrarroja cercana con longitudes de onda entre 0,9 y 2,5 micras, con diferentes prestaciones.

EMIR es una cámara y espectrógrafo de gran campo que está siendo desarrollado por el Instituto de Astrofísica de Canarias. EMIR presentará un campo de visión de 6x6 minutos de arco y capacidad de espectroscopía multiobjeto con un sistema de rendijas configurable que permitirá la observación simultánea de hasta 50 objetos.



*Figura Nº 15: Instrumento OSIRIS instalado en el rotador de instrumentos de la estación focal Nasmyth.*

FRIDA es un instrumento diseñado específicamente para operar con el sistema de óptica adaptativa del telescopio. FRIDA dispondrá de un campo de visión de 40 x 40 segundos de arco y presentará modos de observación de imagen y espectroscopía de campo integral de alta resolución. FRIDA está siendo desarrollado por un consorcio de instituciones liderado por la Universidad Nacional Autónoma de México, con la participación del Instituto de Astrofísica de Canarias, la Universidad Complutense de Madrid y la Universidad de Florida (EE.UU.).

CIRCE es un instrumento con capacidad de imagen, espectroscopía y polarimetría con un campo de visión de 3,4 x 3,4 minutos de arco que está siendo desarrollado por la Universidad de Florida.

Además de la segunda generación de instrumentos ya se están realizando estudios para el inicio del desarrollo de la tercera generación, compuesta por MEGAR: un espectrógrafo de resolución intermedia, en campo integral y multiobjeto, para radiación visible alimentado con fibras ópticas, propuesto por la Universidad Complutense de Madrid; y MIRADAS: un espectrógrafo multiobjeto infrarrojo de resolución espectral intermedia, propuesto por un consorcio de instituciones españolas y mexicanas, liderado por la Universidad de Florida (EE.UU.).

### 3. CIENCIA CON EL GRAN TELESCOPIO CANARIAS

El Gran Telescopio Canarias inició su explotación científica en 2009 y en estos dos años ya se han realizado un gran número de propuestas de observación que van desde la búsqueda de planetas extrasolares hasta la exploración de galaxias primigenias.

Las dimensiones del telescopio permiten alcanzar grandes distancias en el espacio y el tiempo, de modo que uno de los objetivos científicos del telescopio es el estudio de la estructura del Cosmos a gran escala y, en particular, el Universo más violento relacionado con los primeros instantes después del "Big Bang". A este tipo de observaciones se suman las investigaciones sobre supernovas, el origen y distribución de la materia oscura, el comportamiento de los agujeros negros o el estudio de la cinemática de las galaxias.

También hay otro tipo de proyectos de observación en curso centrados en áreas más cercanas a nuestro entorno galáctico. Entre ellos destaca el estudio del Universo Local donde el Gran Telescopio Canarias va a tener una gran capacidad para separar objetos brillantes en galaxias relativamente próximas. El Universo Local proporciona un enlace fundamental entre la Vía Láctea y el Universo temprano, facilitando una panorámica de nuestra propia galaxia. También hay solicitudes más específicas para observar regiones de gas y plasma en nebulosas planetarias de galaxias cercanas que permitirán estudiar la química del Cosmos, así como la detección de exoplanetas a través de la observación de tránsitos. El carbono consumido por los cometas, las estrellas binarias supergigantes de rayos X o el cálculo de la edad de las estrellas enanas solitarias son otros de los proyectos que abordará el telescopio.

Durante los primeros años de operación científica del telescopio, la demanda de tiempo de observación por parte de la comunidad científica ha sido muy elevada de forma que, en promedio, solamente una de cada cuatro horas de observación solicitadas ha sido concedida a las propuestas que han sido juzgadas como de mayor interés científico por un comité internacional de expertos. Esta relación entre el tiempo de observación demandado y concedido se espera que todavía se incremente en los próximos años con la entrada en servicio de la nueva generación de instrumentos.



*Figura N° 16: Una de las primeras imágenes obtenidas durante la puesta a punto del telescopio. Imagen de la luna de 1 m de diámetro obtenida sobre una pantalla de proyección situada en la estación focal.*



*Figura N° 17: Imagen de la nebulosa de la Burbuja (NGC7635) obtenida con el instrumento OSIRIS.*

#### 4. CONCLUSIONES

Quince años después del inicio del proyecto, el Gran Telescopio Canarias se encuentra en operación rutinaria, constituyendo una herramienta científica de primer orden. Los objetivos perseguidos con este proyecto que eran los de dotar a la comunidad astronómica española de un telescopio propio de elevadas prestaciones, mantener los observatorios de Canarias entre los más importantes del mundo y estimular la participación de la industria española y canaria en particular en proyectos de alta tecnología, se han cumplido con creces. Si bien el telescopio lleva ya dos años en operación produciendo importantes resultados científicos, queda pendiente para los próximos años la obtención de resultados espectaculares, que sin duda se producirán, que trasciendan más allá de las publicaciones especializadas para darse a conocer a toda la sociedad.

El coste del proyecto de diseño y construcción del Gran Telescopio Canarias ha sido de 105 millones de Euros, siendo un 10% inferior al presupuesto inicial del proyecto y resultando menos costoso que la mayoría de los grandes telescopios de su generación. Durante su ejecución, el proyecto ha sufrido retrasos considerables respecto a la ambiciosa planificación inicial, tanto en las fases de diseño como de construcción, derivados tanto de las dificultades propias de este tipo de proyectos tecnológicamente complejos, como de las difíciles condiciones de trabajo existentes en el observatorio. La duración final del proyecto ha resultado, sin embargo, comparable a la de los proyectos similares realizados en países con mucha mayor tradición y capacidad tecnológica, tales como EE.UU. o Japón, lo que evidencia la ambición y un cierto optimismo de la planificación inicial.

Siendo el Gran Telescopio Canarias el último telescopio de la categoría de 8-10 m construido, se ha beneficiado de los últimos avances tecnológicos en materia de pulido de espejos, motores, codificadores, instrumentación, etc., los cuales hacen de este telescopio el más avanzado de su generación. Por ello está sirviendo de referencia para el desarrollo de la futura generación de telescopios de entre 30 y 40 m de diámetro.

El proyecto del Gran Telescopio Canarias ha resultado un hito en el desarrollo de proyectos de alta tecnología en España y en Canarias en particular. Mediante este proyecto se ha conseguido involucrar a un gran número de empresas nacionales que, gracias a la experiencia obtenida en este proyecto, están obteniendo contratos en proyectos internacionales para la nueva generación de telescopios.

#### 5. REFERENCIAS

- <http://www.gtc.iac.es>  
Web del Gran Telescopio Canarias
- <http://virtual.micinn.es>  
Ministerio de Ciencia e Innovación. Visita virtual a las instalaciones del Gran Telescopio Canarias

# 75 Años de una Industria Histórica Canaria

# Ron Aldea



Francisco Suárez Moreno

Cronista Oficial de la Aldea de San Nicolás  
Gran Canaria

## 1936, La Aldea de San Nicolás - 2011, San Andrés y Sauces

**A** lo largo de 2011 se ha venido celebrando en Canarias el 75 aniversario de la fundación de Ron Aldea: un aguardiente canario, peculiar por su naturaleza, ya que su procedimiento de elaboración se basa en la destilación directa del guarapo fermentado de la caña dulce, como los rones agrícolas de las colonias francesas de las Antillas. Empezó a producirse en La Aldea de San Nicolás, en 1936, por iniciativa de un maestro azucarero aruquense, Manuel Quevedo, tras una larga experiencia industrial en Canarias, América y Madeira. Sus hijos trasladaron la industria, en los años sesenta del siglo pasado, a la isla de La Palma (San Andrés y Sauces), donde aún se mantenía una vieja tradición de la fabricación del ron, de la que hoy sólo queda ésta de Ron Aldea.

### 1. ALGO DE UNA HISTORIA

El aguardiente de caña de azúcar, más conocido como *ron*, se obtiene a partir de productos de la caña de azúcar por un procedimiento primero de fermentación y luego de destilación; aunque la materia prima para la fermentación-destilación tanto pueden ser mieles de primera calidad como melazas residuales; o los casos de rones especiales mediante la destilación directa del guarapo de caña fermentado. Tanto unos como otros productos pueden envejecerse siempre en barricas de roble y dan los célebres *rones añejos*.

El procedimiento de la fermentación de mostos de frutas por un lado, y de vegetales y granos por otro, es muy antiguo. Vinos, cervezas y otras bebidas alcohólicas encontramos en todos los pueblos de la Antigüedad y en los precolombinos de América, asociada su ingestión a usos medici-

nales, rituales religiosos o consumo generalizado entre la población. Un ejemplo de nuestro pasado protohistórico: los antiguos canarios de Tenerife, los guanches, según el padre Espinosa, bebían el *chacerquem*, una especie de arropo/miel/licor realizado a partir del fruto del mocán (*Visnea moccanera*), no de la palmera. Pero otra cosa es la destilación de bebidas alcohólicas para generar aguardientes, cuyo origen, ligado a las culturas orientales, se presenta confuso. Hay vagas referencias históricas de que alquimistas árabes medievales, en alquitaras y alambiques, ya destilaban productos diversos tales como líquidos medicinales, aceites y pócmas de belleza, perfumes... conocimientos aprendidos de las culturas más orientales, probablemente de la India. A comienzos de la Baja Edad Media las referencias sobre la destilación de bebidas alcohólicas son claras.

Suele nombrarse al mallorquín Raimón Lull (1232-1315) y al valenciano Arnau de Vilanova (1238-1311), alquimistas, como los primeros que, cada uno por su lado, fabricaron por destilación un producto alcohólico no apto para el consumo y sí para uso medicinal. Una excepción a la generalizada toxicidad de los destilados medievales fue un aguardiente extraído de la destilación de fermentos de la caña de azúcar, en el reino nazarí de Granada, que encantó a los conquistadores castellanos cuando en 1492 ocuparon este reino. Es el primer ron que por ahora conocemos. Seguramente habían experimentado la destilación o copiado su procedimiento del milenario vino de caña, el referido *arac*, que los árabes habían aprendido de las culturas orientales.

Cuando el reino nazarí de Granada fue con-

quistado, en 1492, por los castellanos, estos descubrieron y aprendieron la fabricación de aquella extraordinaria bebida de alta graduación alcohólica. Un par de siglos después de haber llevado el cultivo de la caña dulce a las Indias Occidentales, junto con la fabricación de azúcar se empezó a generalizar la destilación del ron, sobre todo, por franceses e ingleses. Es el comienzo de la historia moderna del ron, tan cargada de mil anécdotas y hechos. Pero la llegada, en niveles de producción industrial, del ron a las islas atlánticas de la Macaronesia será en la segunda mitad del XIX. Primero a Madeira y luego a Canarias, en el contexto de un nuevo ciclo del azúcar, en cuyas fábricas comenzaron a producirse productos derivados como mieles, alcoholes y rones. Toda una nueva historia para la industria agroalimentaria de estos archipiélagos ubicados en el cruce de las rutas atlánticas de los tres continentes.

## 2. PROCEDIMIENTOS Y ARTILUGIOS DE LA INDUSTRIA DEL RON

Para la fabricación de aguardientes se han empleado, desde tiempos remotos, unos sencillos aparatos metálicos donde, a fuego directo, se efectúa la destilación. El más antiguo es la alquitara, que luego se fue perfeccionando con modificaciones cada vez más complicadas, y es lo que denominamos alambique. Hay varios tipos de alambiques: unos más antiguos y sencillos, móvi-

les, de destilación discontinua; otros un poco más evolucionados con alguna lente deflegmadora; y los más evolucionados para destilación continua en columnas.

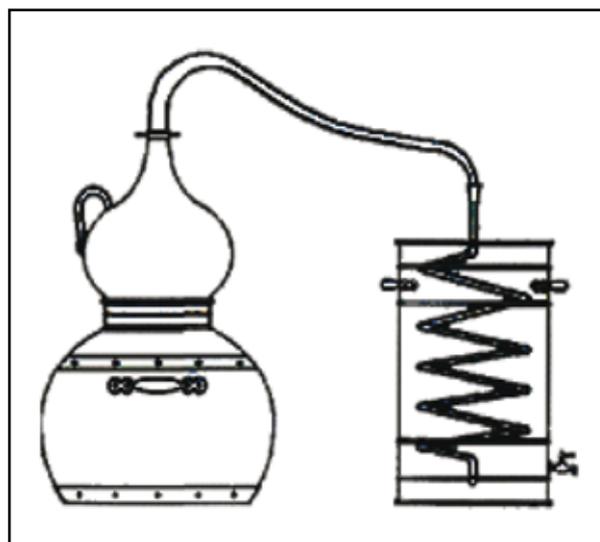
El alambique más común consta de una caldera, un capacete condensador prolongado en cuello de cisne y un condensador refrigerante cilíndrico, a modo de bidón, provisto de un serpentín de cobre conectable al cuello de cisne, con salida para el destilado. En algunos modelos, el cuello de cisne lleva una lenteja rectificadora para una condensación previa de los vapores antes de su llegada al serpentín refrigerante, para conseguir destilado de más graduación.



Foto N° 1: Alambique artesanal venezolano. Museo Nacional de Caracas. Fco. Suárez. 1990



Foto N° 2: Alambiques móviles de cuello de cisne.



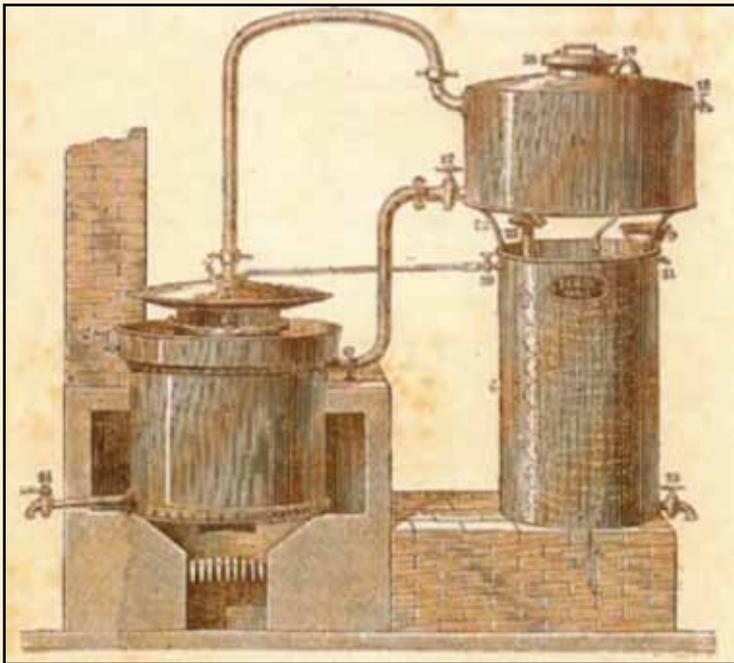


Figura N° 1: Alambique fijo, modelo Deroy. Paris, Steiner, 1892.

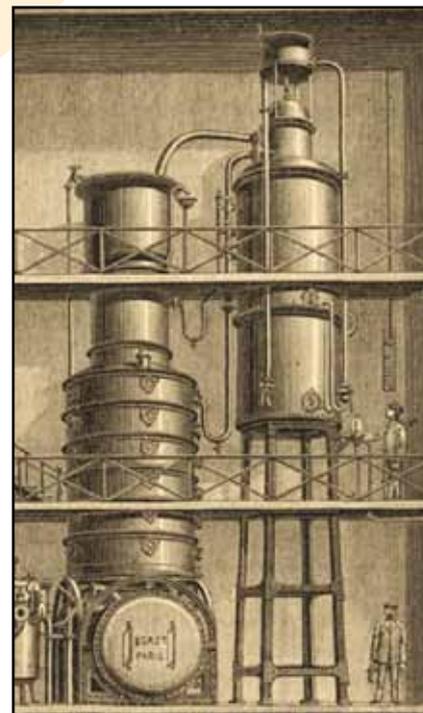
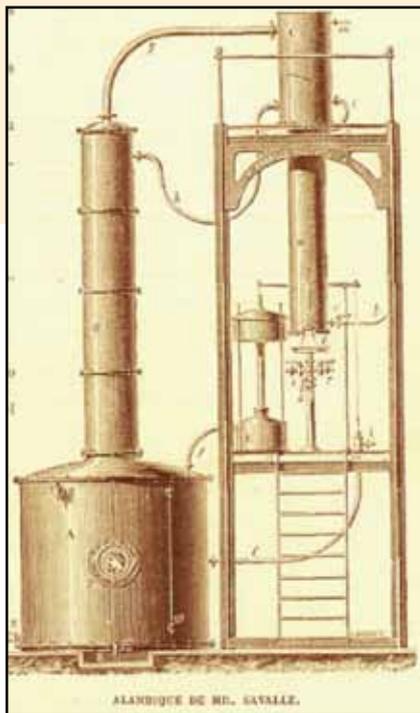
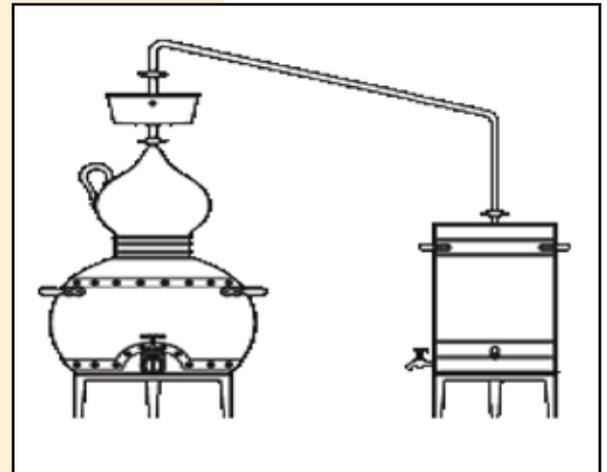


Figura N° 2: Alambiques industriales franceses de destilación continua generalizados en las fábricas de América, Madeira y Canarias entre finales del siglo XIX y principios del XX: Savalle (derecha) y Egrott (izquierda).

Los últimos alambiques canarios que destilaron ron, en una vieja tradición, fueron los de la isla de San Miguel de La Palma, por destilación directa del guarapo de caña fermentado y sometido antes a un complejo procedimiento de calor. Un ejemplo es el de la Destilería de El Valle (San Andrés y Sauces). Aquí, la fermentación de guarapo depurado con calor reporta posibilidades de seleccionar sabores y aromas singulares; pero

presenta los inconvenientes de la destilación en alambiques poco evolucionados, como el empleado de marca francesa *Deroy*: poco rendimiento y la necesidad de varias pasadas. Y el otro modelo de alambique es el de la destilación continua cuyas marcas más representativas, empleadas en las fábricas de Arucas y Telde, fue el *Savalle* o el de Ron Aldea, *Egrott*, todos ellos de finales del siglo XIX.

### 3. LA CONEXIÓN INDUSTRIAL DE CANARIAS CON MADEIRA EN EL RON Y EL AZÚCAR

Esta historia es muy antigua, pues arranca desde el principio de los tiempos en que Canarias se suma a la industria para la exportación, la del azúcar, a poco de ser conquistadas por los europeos a finales del siglo XV. La caña dulce, artilugios industriales y maestros vinieron todos de Madeira para poner en producción las tierras conquistadas. Y casi todas había que plantarlas de caña para producir el azúcar, el oro blanco que se exportaba a Europa y que Cristóbal Colón llevó desde nuestras islas al Nuevo Mundo; en mala hora, porque tan bien se desarrolló allí que su competencia arruinó a nuestra primera industria histórica.



Foto N° 3: Transporte de la caña dulce en carretas hasta la fábrica en Madeira. Postal de la época (en J. RIBEIRO: 1991).

El azúcar de Madeira también se resintió y, como en Canarias, se buscó la alternativa de otra industria, la del vino. Y con el vino empezó a destilarse alcoholes y aguardientes. Entre finales del siglo XVII y el XVIII, en las áreas vitícolas de Canarias y Madeira, junto a la producción de vinos, se desarrolló la producción de aguardientes tomando como materia prima orujos y uvas de mala calidad. Esta actividad industrial generó un movimiento comercial de exportación hacia las Indias Occidentales y Brasil, respectivamente. Sólo sabemos, por ahora, que los primeros alambiques o alquitaras fueron instalados en Canarias por maestros flamencos y franceses, en el norte de Tenerife, a principios del siglo XVII, y que el primer dato de exportación se tiene de 1640, hacia América. En aquellos primeros procedimientos de destilación se usaron modelos medievales de alambiques o alquitaras, muy sencillos y para producciones muy limitadas: básicamente constaban de una pequeña caldera, donde se evaporaba el vino a través del calor aplicado por un fogón, y de unos serpentines y rectificadores donde el vapor se licuaba.

Y lo de siempre, las crisis cíclicas: el producto canario y madeirense de aguardientes de vinos, exportado con éxito a las Indias, muy pronto tuvo que enfrentarse a la fuerte competencia de los aguardientes catalanes y mallorquines, además de a los ingenios americanos productores del nuevo aguardiente de caña dulce, el ron.

A principios del XIX la industria del vino y, por consiguiente, la del aguardiente de vino, fracasaba en Canarias. En cambio, Madeira, con el comercio inglés asegurado, había mantenido la producción vitícola con más de 20 mil pipas anuales; pero en retroceso a partir de 1823 y hasta 1847, cuando ya solo producía unas 5 mil pipas anuales, por crisis de mercados y la presencia de nuevas plagas (filoxera).



Foto N° 4: La Vega de Guía-Gáldar, con su fábrica de azúcar y aguardiente entre finales del XIX y principios del XX. (Fondo FEDAC)

Madeira buscó otra alternativa: la caña dulce para la fabricación de azúcar, ron y alcohol, con las siembras de variedades de alto rendimiento. En 1865 ya producía 14 millones de kilogramos de caña, en 367 hectáreas, y 35 fábricas repartidas por toda su costa se dedicaban a la producción de azúcar y sobre todo de aguardiente, más algunos alcoholes para la industria vitícola local.

Canarias experimentó, primero, con la cochinilla para las fábricas de tintes europeas, a mediados del siglo XIX y, tras el fracaso de este producto, lo hace con el cultivo de la caña dulce veinte años después que Madeira, cuando en el marco del puerto franco ensayó, hacia 1880, el llamado modelo *cubano* de desarrollo económico, que volvió a cubrir de caña dulce las tradicionales zonas bajas de regadío de las islas más húmedas para un nuevo modelo de producción en fábricas azucareras modernas, junto a otras más modestas con bienes de equipo antiguos (los denominados trapiches).

Tanto una como otras islas macaronésicas se hicieron con modernos bienes de equipo (máquinas de vapor, calderas, trituradoras de la caña muy mecanizadas, alambiques modernos, etc.) para sus nuevas industrias. En ese momento, las zonas azucareras del colonialismo europeo y americano habían adoptado dos sistemas de alambiques que se hicieron muy populares; entre otros, las marcas francesas *Egrott* y *Deville*, de destilación continua que presentaban en el mercado dos tipos, según se aplicara el calor con vapor o a través de fuego directo sobre la caldera: los alambiques de *evaporación a vapor* o los de *caldeo directo*, respectivamente. De inmediato estos modelos fueron reconocidos por sus ventajas técnicas y su calidad de producción.

En América, en Madeira y en Canarias con estos modernos alambiques se destilaba, entre finales del siglo XIX y principios del XX, tanto el vino de la melaza residual del azúcar como el fermento del guarapo de la caña, produciendo un nuevo aguardiente o ron, al estilo antillano, pero ahora ya con aromas y sabores canarios y maderienses según la experiencia de cada maestro azucarero. O sea, un ron, el más común e industrial, procedía de la destilación de los fermentos producidos en las melazas; y el otro, más artesanal, denominado en América *ron agrícola*, se destilaba del fermento del guarapo de la caña dulce. Por lo general, este ron de caña se hacía en los campos de los hacendados antillanos para el consumo de estos, aunque luego se tendió a su fabricación para un mercado muy limitado.

En Canarias la situación fue algo diferente a la de Madeira en este nuevo ciclo económico de la caña dulce. La producción azucarera y de aguardiente fue menor que la maderiense, y efímera, aunque el consumo de ron se popularizó en determinadas zonas, sobre todo, en Gran Canaria. Constituyó un sector económico, como el de Madeira, muy atomizado, en el que coexistían por un lado grandes fábricas y, por otro, pequeñas instalaciones con trapiches movidos por agua o por bestias.

Las primeras fábricas y plantaciones aparecen en Arucas a principios de la década de 1880, y diez años después había en producción, en el Archipiélago, unas 33 instalaciones. Antes de la Primera Guerra Mundial, las plataneras y tomates pasaban a ser cultivos dominantes y la casa con su industria azucarera y ronera perdía mucho

terreno; pero aún contaba con un cultivo de 265 hectáreas de caña para abastecer a unas 20 fábricas y trapiches, donde más del 60% de cultivos y producción estaba en Gran Canaria.

Entre las destilerías más importantes de Gran Canaria se hallaba, en primer lugar, la de San Pedro de Arucas, que producía más de la mitad del azúcar canario. En este municipio y alrededores hubo en casi todo este tiempo más de media docena de trapiches y fábricas. También se hallaban por el Norte dos fábricas más, las de Guía y Agaete. A ellas se unen la de Tafira y, sobre todo, la de Telde.

La siguiente isla azucarera era San Miguel de La Palma con unos 8 trapiches, cuya producción a nivel regional era del 30%; y el Norte de Tenerife, con un par de fábricas y una producción que sólo representaba el 10% del total canario.

Pero hacia 1920 la industria del azúcar, complementada con la de aguardientes, fracasó definitivamente en Canarias. Los problemas arancelarios (sobre todo después de 1912 con la creación de los Cabildos y sus arbitrios sobre el azúcar y alcoholes), el desarme proteccionista frente a la competencia extranjera, el mayor éxito comercial de los cultivos de plataneras y otros factores más, determinaron aquella quiebra del sector iniciada a principios de la centuria, después de intensos debates a lo largo de veinte años. Las fábricas cerraron y algunas fueron desmanteladas y llevadas a Madeira, donde la liberalización del sector abría nuevas perspectivas a los empresarios insulares. No obstante, la industria del aguardiente y alcohol mantuvo una producción artesanal y limitada, para el caso del ron de caña, en La Palma y en algunos lugares de tradición vinícola con aguardiente de uvas.

Y aquí empieza la historia del *Ron de La Aldea de San Nicolás*, más tarde *Ron Aldea* de La Palma, con un singular maestro azucarero e industrial: Manuel Quevedo Alemán (1872-1968).

#### 4. MANUEL QUEVEDO ALEMÁN (1872-1968)

Manuel Quevedo Alemán había nacido en Arucas en 1872. Siendo niño vivió el gran cambio que experimentaba la ciudad con los nuevos cultivos de caña dulce y sus fábricas azucareras. Aprendió el oficio con su tío José Alemán Castellano, propietario de un ingenio en Bañaderos.

Más tarde fue maestro mayor de la fábrica azucarera de Becerril propiedad de *Lathbury & Cía*, y más tarde de míster Leacock. Luego emigró a Cuba y de allí, para librarse de la llamada a filas en la guerra colonial, se escapó a Santo Domingo donde ejerció labores diversas, sobre todo, en el mundo de los ingenios azucareros. Aquí llegó a ser asesor directo del presidente de aquella república por sus conocimientos en la fabricación de explosivos e instalaciones eléctricas, entre 1898 y 1900 aproximadamente.



Foto N°5: Manuel Quevedo Alemán en su laboratorio de ensayos, ya octogenario.

De regreso a Canarias, a principios del siglo XX, trabajó a la sombra de su padre y su tío José Alemán en sus fábricas azucareras. Hacia 1909 sustituyó a su tío como director de la fábrica de Becerril, ahora de míster Leacock (1909). Con 37 años ya era un más que reconocido maestro del azúcar y del ron. La industria del azúcar canario fracasa definitivamente en la Primera Guerra Mundial. Hacia 1919 míster Leacock vende su fábrica de Guía al industrial y banquero madeirense Henrique Figueira da Silva, quien se lleva todos sus artilugios y motores a Funchal y, con ellos, a Quevedo.

Quevedo y su familia van a estar en Madeira unos 15 años, de 1919 a 1934, y será director de la fábrica azucarera y de aguardientes de Sao Felipe (Funchal), propiedad del referido industrial Henrique Figueira da Silva. Allí entró en contacto con los mayores adelantos tecnológicos de la industria azucarera, mieles y aguardientes y con la experiencia de los maestros insulares que competían por elaborar los mejores rones. Allí expe-

rimentó Quevedo mil ensayos sobre rones y licores, según su experiencia cubana, canaria y la obtenida de los viejos azucareros madeirenses.

El fracaso de la experiencia empresarial de Figueira da Silva es motivo para su regreso, hacia 1934, no sin antes planificar el nuevo proyecto empresarial del *Ron de La Aldea de San Nicolás*, cuya singladura comercial e industrial comienza en 1936, siempre con la etiqueta de “ron destilado directamente del jugo fermentado de la caña de azúcar”, hasta la actualidad, puesto que sus bisnietos continúan la tradición familiar en San Andrés y Sauces<sup>1</sup>.

## 5. POR QUÉ EN LA ALDEA DE SAN NICOLÁS UNA FÁBRICA DE RON (1934-1936)

Cuando el maestro azucarero regresa de Madeira en 1934, ya había firmado un contrato comercial, verbal, con los empresarios de Guía, Federico Pérez y Miguel Jorge León, para fundar en sociedad una pequeña fábrica de ron en La Aldea. ¿Por qué en este lugar tan lejano? Este consorcio había iniciado, en 1931, en la desembocadura del barranco de La Aldea, un negocio de venta de agua, tras la perforación de un pozo e instalación de un motor de elevación, más una canalización y estanques reguladores hasta el fondo del valle, lo que había generado una gran expectación. Con agua, tierras arrendadas y un socio industrial como Quevedo, parecía que una fábrica de ron para el consumo insular podría generar beneficios.

Quevedo comenzó a enviar para La Aldea, a través de la línea marítima de cabotaje, las primeras plantas de semilla de caña dulce. En 1935, rebuscó en las chatarras de las ya cerradas fábricas de Arucas y Tafira, materiales con los que recomponer un sencillo molino para triturar la caña y un alambique Egrott del siglo XIX.

Así, en 1936, se abrió la fábrica de La Aldea y de nuevo en Gran Canaria se comenzó a producir un nuevo y distinto ron por el procedimiento de la destilación directa del guarapo fermentado de la caña, a caldeo directo y no de la melaza residual, como todos los rones del mercado internacional; es decir, el ron agrícola que solían fabricar en las islas francesas de Ultramar (Martinica, Guada-

1.- Manuel Alemán se dedicó a otras facetas industriales: en 1936 instaló en Guía la fábrica de jabones *La Atlántida* (con materia prima de barrilla y tártago), la que en 1939 trasladó a Las Palmas de Gran Canaria, en la Plaza de la Feria, produciendo las marcas *El Ancla* y *Dos Llaves*. Falleció en 1968, en Las Palmas de Gran Canaria, a la edad de 96 años.

lupe, Reunión...) con la denominación de rum agricole o rum habitant. Era el ron que los hacendados del Caribe destilaban en sus haciendas como producción limitada para consumo propio, dado los aromas y sabores especiales del producto resultante.

La fábrica se ubicó en la desembocadura del barranco, en La Marciiega Baja, exactamente por donde cruza el Paralelo 28º, cerca del Charco, lugar de la emblemática fiesta y a pocos metros del puerto, por donde se embarcaba la producción; en locales mal acondicionados, de planchas de zinc, donde se hallaba un pozo y un motor para la venta de agua.



Foto N° 6: Desembocadura del barranco de La Aldea. En el recuadro rojo, las instalaciones de la primera fábrica de Ron de La Aldea.

## 6. UNA HISTORIA INDUSTRIAL DE MUCHAS VICISITUDES (1936-1956)

La primera fábrica de Ron Aldea comenzó a producir con éxito en sus primeros años. Primero, por la crisis económica del Estado español tras las guerras de España y Mundial; y favoreció a la agricultura local como alternativa a la otra crisis de la agricultura de exportación (tomates), ocasionada por los cierres de los mercados europeos durante la Segunda Guerra Mundial. Entre finales de los cuarenta y principios de los cincuenta se llegó a producir anualmente una cantidad cercana a los 200.000 litros, hasta descender a mediados de la década a la cuarta parte, ya que la producción de caña dulce local había disminuido sensiblemente, dado que era más rentable para el agricultor el cultivo de tomates.

La empresa se abre a capital exterior e interviene Rodríguez Tascón-Hijos de Juan Rodríguez (productores del Ron de Telde), que adquiere las acciones de Federico Pérez y Miguel León Jorge. Pero Rodríguez Tascón se separa de la empresa y se lleva a San Andrés y Sauces un alambique Egrott y un molino, y allí comienzan a fabricar un nuevo producto que sería el Ron Puerto. Una historia aún por estudiar, puesto que entre la iniciativa de Rodríguez Tascón en La Palma y el momento en que los Quevedo adquieren el alambique, median varios proyectos empresariales.

En 1954 el Alambique de La Aldea sólo producía unos 3.640 litros de ron, momento en el que la empresa agrícola Rodríguez Quintana adquiere a Quevedo y socios la fábrica de luz, que se hallaba en el interior del valle (La Rosa), y el Alambique de La Marciiega. Y empieza la otra historia de esta fábrica. A partir de este momento, se realiza una modificación de la industria con nuevo edificio, un nuevo alambique, cubas y depósitos de almacenamiento.

Los Rodríguez quieren desvincularse de Quevedo y crean, con el mismo producto, una nueva marca, la de *Ron del Charco*. El descenso de la producción local

de la caña por la competencia de los tomateros, urge la necesidad de adquirir caña fuera de La Aldea e incluso en otras islas (Tenerife y La Palma). Finalmente, la fábrica tuvo que cerrarse hacia 1959-1960, a pesar del dinero invertido en su capitalización.

El aguardiente había experimentado variaciones en su sabor, ya que la caña importada era diferente a la producida en la localidad por las condiciones del suelo, el clima y el



Foto N° 7: Botella Ron del Charco.

agua salobre del lugar, frente a la nueva caña que llegaba de otros sitios lejanos, a veces con varias semanas de cortada en su punto de origen. Además, se constató que uno de los nuevos alambiques de construcción local, de mayor capacidad, no destilaba como el Egrott original.

## 7. RON ALDEA RESURGE EN LA PALMA (1969)

Decíamos que en los años sesenta habían tenido lugar varios proyectos empresariales para producir ron en San Andrés y Sauces con el alambique *Egrott* que había pertenecido a la fábrica de *Ron de La Aldea*. Hacia 1969, por iniciativa de los hermanos Quevedo Estévez, un año después de la muerte de su padre, recuperan el proyecto familiar de *Ron de La Aldea*. Entran en sociedad para la adquisición de las instalaciones y el alambique *Egrott* que la empresa de Rodríguez Tascón había llevado desde La Aldea a San Andrés y Sauces (La Palma), donde se fabricaba el Ron Puerto. Y comienzan a destilar el Ron Aldea. Emplearon el mismo procedimiento de destilación que su padre había utilizado a partir de 1936, novedad entonces en la Isla.

Y así se inició una nueva etapa hasta la actualidad de *Ron Aldea* en que, manteniendo el mismo procedimiento, se ofrecen otros productos de rones envejecidos y licores.



Foto N° 8: Detalle de la Etiqueta Ron de La Aldea.

## 8. PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE UN RON DE CAÑA

La fabricación de ron por destilación directa del guarapo fermentado, llevó dos procedimientos distintos en Canarias. En resumen, los maestros palmeros solían hervir el guarapo antes de la fermentación en un tren de diferentes calderas; luego, realizaban decantaciones y filtrados e incluso parte de los caldos resultantes se destinaban para generar melazas para repostería; tras la fermentación se destila su alcohol en alambiques sencillos, discontinuos (más detalles en Sentís, 2006: 446-454). En cambio, el proceso introducido por Manuel Quevedo en Canarias, en 1936, para el Ron de La Aldea, continuado luego por sus hijos y nietos en La Palma, llevaba una fermentación y destilado distintos a los anteriores, según el siguiente proceso:

- 1º.- **Molturación y llenado de las cubas madres.** Se muele la caña en un molino mecánico accionado por un motor térmico. El guarapo resultante se somete a un ligero tamizado y entra en las cubas de trasiego y fermentación. En estas cubas madres se corrigen la temperatura y la densidad 11° a 12° Baumé. Solían añadir agua hirviendo para alcanzar una temperatura de unos 40°C para terminar en media de 28°.
- 2º.- **La fermentación.** En el proceso de fermentación del guarapo en las cubas se mantiene una temperatura de unos 28°C, y una densidad menor (7-8°B), regulando la temperatura con caldos más fríos. La levadura de fermentación, cultivada previamente en una cuba "madre" de mantenimiento, es de cebada o avena, del género *Sacharomyces*, y se añade una sola vez. El procedimiento continúa con otros elementos activos.
- 3º.- **La destilación en el alambique Egrott.** Se trata de una destilación continua en un aparato de 500 litros de 6 platos o bateas, sometido en su base (la caldera) a un fuego directo en una hornilla cuyo combustible es leña.

En resumen, y teniendo a la vista la ilustración del alambique Egrott, el lector puede analizar que:

Desde el recipiente externo superior (1) el fermento desciende por gravedad hasta el bidón o cuba que resguarda el serpentín refrigerante (2),



Foto N° 9: Detalle del alambique Egrott.

y en su llenado llega hasta el serpentín rectificador o calienta vinos (3).

A continuación pasa a través de un tubo (4) al conjunto de platos o bateas hasta llegar a la parte inferior, la caldera (6), ya con agua hirviendo por caldeo directo desde el fogón. Sus vapores, al contacto con el vino que baja, lo van despojando del alcohol, evaporizándolo.

Estos vapores ascienden por cada uno de los platos (5) hasta la columna rectificadora (7), donde desprende su acritud para continuar por el tubo o cuello de cisne (8) hacia el otro conjunto del aparato, el de los serpentines (3 y 2).

En esta columna, por contacto exterior del vino que está bajando se produce la condensación de los vapores. Los de agua que se han colado en el primer serpentín rectificador (3), ya condensados se reenvían por un tubo (4) a la primera columna (5), y los alcohólicos rectificados siguen descendiendo hasta el serpentín refrigerante (2), donde el producto licuado y convertido en aguardiente sale fuera por un tubo (10) que pasa por una probeta (11) que indica la graduación resultante.

**4º.- El envejecimiento y las mezclas.** El ron que sale del alambique se mezcla con otros para conseguir un producto homogéneo. El primer ron de La Aldea no se añejaba ni se sometía a coloraciones, pues la demanda no lo permitía. Se almacenaba en dos salas con sus respectivos depósitos (10.000 litros).



Foto N° 10: Edificio de la Destilería de Ron Aldea en el municipio grancanario.

Queremos expresar en estas últimas líneas, nuestro agradecimiento por la invitación a participar en esta revista especializada de Ingeniería, sensibilizada, a su vez, en las ingenierías históricas canarias.

#### FUENTES:

La base de los contenidos aquí expuestos se recoge en los libros del autor, en los que además se da una amplia referencia bibliográfica de otros autores que han estudiado el tema del ron en Canarias:

- **Ingenierías históricas de La Aldea** (Capítulo VIII. «El Alambique», pp. 245-265). Cabildo de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria, 1994. Agotado pero accesible gratuitamente en pdf Memoria Digital de Canarias:  
[http://mdc.ulpgc.es/cdm4/item\\_viewer.php?CISOROOT=/MDC&CISOPTR=72545&CISOBX=1&REC=9](http://mdc.ulpgc.es/cdm4/item_viewer.php?CISOROOT=/MDC&CISOPTR=72545&CISOBX=1&REC=9)
- **La Arqueología Industrial en Canarias**. Colección Guagua. Cabildo de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria, 1998.
- **Guía del Patrimonio Etnográfico de Gran Canaria** («El ron y los alambiques», p. 111; «La Destilería de Ron Arehucas», pp. 166-167; «El Charco y el Alambique», pp. 236-237; «La Máquina de Azúcar, Telde», pp. 326-327), Cabildo de Gran Canaria, 2005.
- **Apuntes sobre la historia del ron de caña en Canarias y Madeira**. El Alambique de La Aldea. (Libro digital accesible gratuitamente en [www.bienmesabe.com](http://www.bienmesabe.com), sección de publicaciones).

# Aplicación de la Norma ISO 50001:2011 Sistema de Gestión de la Energía



Antonio Carretero Peña

Subdirector de Desarrollo AENOR



Juan Manuel García Sánchez

Responsable de Eficiencia Energética AENOR

La nueva norma internacional facilitará que el número de empresas, que implanten un sistema de eficiencia energética, se incremente sensiblemente en todo el mundo. ISO 50001 es compatible y trasladable desde la europea UNE-EN 16001.

## 1. INTRODUCCIÓN Y EVOLUCIÓN NORMATIVA

Existe el compromiso por parte de los Estados Miembro de la Unión Europea de reducir para el año 2020 el consumo de energía primaria y las emisiones de gases efecto invernadero en un 20% respecto a las proyecciones previstas en relación al año 1990. La Comisión Europea en su Comunicado de 13 de noviembre de 2008 sobre eficiencia energética indica cómo el aumento de la eficiencia energética es la forma más rentable de reducir el consumo de energía, manteniendo a la vez un nivel equivalente de actividad económica.

Por otra parte, la Decisión 406/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009, sobre el esfuerzo de los Estados miembros para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero a fin de cumplir los compromisos adquiridos por la Comunidad hasta 2020, establece que, si procede, la Comisión propondrá medidas nuevas o más estrictas para acelerar las mejoras en materia de eficiencia energética, a más tardar el 31 de diciembre de 2012.

En lo que respecta a España, en el año 2003 se aprobó la Estrategia Española de Eficiencia Energética 2004-2012 de la que se han deriva-

do los Planes de Acción 2005-2007 y 2008-2012 de Ahorro y Eficiencia Energética, cuyos objetivos principales son la disminución de la elevada dependencia energética exterior y las emisiones atmosféricas con consecuencias en el cambio climático global.

Por este motivo, y de acuerdo con las mencionadas directrices nacionales, europeas e internacionales existentes se han desarrollado esquemas de certificación, enfocados a la competitividad, la seguridad, así como al ahorro y la eficiencia energética.

En particular, desde el Comité Técnico de Certificación CTN-216 de AENOR, como entidad legalmente responsable del desarrollo de las normas técnicas en España, se elaboró ya desde muy pronto una propuesta, la Norma española UNE 216301:2007 Sistema de Gestión Energética, cuyos requisitos sirvieron de referencia y fueron adoptados en la posterior norma europea UNE-EN 16001:2010, de mismo título, cuyos requisitos y principios son prácticamente los mismos de la norma UNE anteriormente mencionada y a la cual sustituye.

Desde el año 2007, momento en que AENOR, como entidad líder y de mayor reconocimiento en certificación, comenzó a certificar los Sistemas

de Gestión Energética, el interés que las empresas mostraron por este esquema fue enorme. AENOR ha emitido hasta el momento 74 certificados de gestión energética, destacando la variedad de empresas, procedentes de distintos sectores, desde Grandes Consumidores de Energía, pasando por Sector Servicios, Edificios, Terciario, Pymes, hasta Ingenierías. Esta variedad puede dar una idea del valor añadido que proporciona a las organizaciones independientemente de su sector de actividad o tamaño.

No es de extrañar, por tanto, que la favorable acogida que ha recibido esta norma a nivel europeo, se haya producido también a nivel internacional y así, el pasado 15 de junio de 2011 ha sido publicada, en el seno de la Organización Internacional de Normalización (ISO), la Norma Internacional ISO 50001:2011 “Sistemas de gestión de la energía – Requisitos con orientación para su uso”, que será adoptada como UNE-EN ISO 50001:2011, sustituyendo a la actual UNE-EN 16001:2010.

Este documento facilitará que el número de empresas que implanten un sistema de eficiencia energética se incremente sensiblemente en todo el mundo. La norma internacional ISO 50001 es compatible y trasladable desde la europea EN 16001. Se prevé que ISO 50001 se adopte este mismo año como norma europea, lo cual implicará, a su vez, que se incorpore al catálogo de AENOR antes de que termine el año.

En Europa, más de 800 organizaciones de los sectores público y privado han certificado su Sistema de Gestión Energética según la norma europea EN 16001. Esta norma permite incrementar la eficiencia energética, reducir los costes y mejorar el rendimiento energético.

Ambas normas (ISO 50001 y EN 16001) son semejantes, existiendo alguna variación en cuanto al contenido, principalmente en lo que respecta al grado de compromiso con el ahorro y la eficiencia energética por parte de la organización que implanta un sistema de gestión de acuerdo con la nueva norma; así, se introduce un cambio de concepto en la aplicación práctica de los sistemas de gestión, basado en la demostración de la consecución de objetivos con resultados tangibles en cuanto a la reducción de consumos energéticos, más que en la disponibilidad de la herramienta de gestión y servicio a estas actividades. La transi-

ción al certificado según la norma internacional será sencilla para las organizaciones.

La Norma ISO 50001 constituye una herramienta útil y eficaz para dar cumplimiento de forma continua a la legislación vigente en la materia, para facilitar el cometido de los Gestores Energéticos, y para implantar y realizar el seguimiento de actuaciones procedentes de auditorías energéticas. Además, permite ahorrar costes, mejorar el rendimiento energético y, por tanto, mejorar la competitividad disminuyendo, a su vez, el consumo de energía primaria, las emisiones de CO<sub>2</sub>, la dependencia exterior y la intensidad energética.

La Organización Internacional de Normalización (ISO) ha optado por este enfoque, ofreciendo en materia de energía una propuesta normativa en la que las actividades de gestión son unas eficaces herramientas para el objeto último que debe perseguir la organización, que es el ahorro y eficiencia energética de sus actividades y la optimización del consumo energético de sus procesos, instalaciones y equipamientos.

Este nuevo enfoque pretende un alineamiento con las disposiciones regulatorias que se vienen aplicando desde hace unos años a nivel internacional – y, por tanto, también en el marco de la UE-, para la lucha contra el cambio climático, una de cuyas causas principales reside en la emisión de gases de efecto invernadero provocada directamente por las actividades de generación y consumo de energía.

Bajo estas premisas, se indica a continuación, en el presente artículo, la estructura de la nueva norma internacional y las novedades que deben ser tenidas en cuenta para la gestión de la energía de acuerdo con la misma, con el objeto de facilitar su aplicación práctica en las organizaciones y su certificación por tercera parte independiente y reconocida, como AENOR.

## 2. CONSIDERACIONES GENERALES DE LA NORMA ISO 50001:2011

Un Sistema de Gestión de la Energía de acuerdo con la Norma ISO 50001:2011 se basa en el ciclo de mejora continua **Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA)** para facilitar su compatibilidad con otros sistemas de gestión existentes en las organizaciones. La Figura N° 1 representa el ciclo de mejora continua de cualquier sistema de gestión.

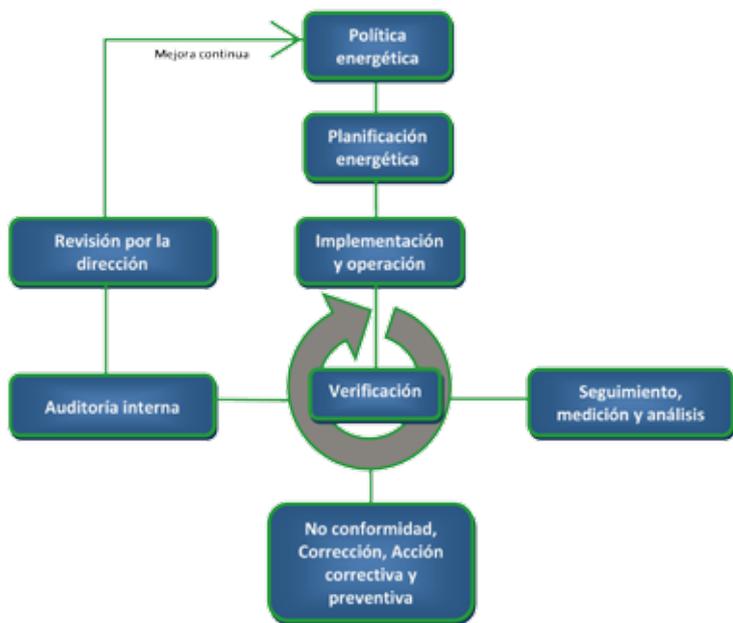


Figura N° 1: Concepto de mejora continua.

De esta manera se puede asimilar la gestión de la energía en la estructura documental ya desarrollada para otros sistemas de gestión como los de calidad, medio ambiente o prevención de riesgos laborales con los que puedan contar las organizaciones.

Los documentos y formatos de registros comunes a todos estos sistemas de gestión (que responden a cuestiones tales como la estructura de responsabilidades, formación, comunicación, control de documentación, tratamiento de no conformidades, acciones correctivas y preventivas, auditoría interna o revisión por la Dirección) pueden ser aplicados de manera similar en lo que respecta a su sistemática de generación y gestión.

Así pues, la Norma ISO 50001:2011 está preparada para una rápida asimilación de los requisitos generales y de la terminología empleada, ya que son similares a otras modalidades de gestión que normalmente se encuentran ya implantadas en las organizaciones.

### 3. CONSIDERACIONES PARTICULARES DE LA NORMA ISO 50001:2011

La gestión de la energía presenta unas singularidades que la distinguen de las demás modalidades de gestión. El propósito es permitir a una organización contar con un enfoque sistemático para alcanzar una mejora continua en su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de la energía.



Figura N° 2: Concepto de desempeño energético.

Seguidamente se indican las diferencias más relevantes.

#### Política energética

Aunque el documento que constituye la política de gestión de la energía puede realizarse a imagen y semejanza de políticas similares en otras modalidades de gestión, los objetivos estratégicos que marcan las prioridades de la organización en materia energética son diferentes de los establecidos bajo un enfoque medioambiental o de calidad.

La política energética de cualquier organización debe estar basada en la inclusión de los compromisos de mejora continua en términos de desempeño energético, de apoyo a la adquisición de productos y servicios energéticamente eficientes, y el diseño para mejorar el desempeño energético propiamente dicho. También esta política estará fundamentada en el cumplimiento de la legislación y reglamentación aplicable a esta materia, así como de otros compromisos que se suscriban de forma voluntaria.

#### Requisitos legales

Otra de las singularidades a tener en cuenta es la necesidad de familiarizarse con un marco legislativo que requiere la identificación de requisitos legales emanados de unas fuentes legislativas diferentes a las medioambientales o preventivas.

En el ámbito industrial, la fuente principal es el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en cuya página web se encuentra de forma muy

completa la reglamentación de las instalaciones a considerar para una adecuada gestión de la energía que, a su vez, se encuentra englobada en las disposiciones sobre seguridad industrial.

En el ámbito de la edificación, se ha desarrollado un marco reglamentario específico a través de la aprobación de disposiciones como el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, que establece el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción; el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, de aprobación del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) o el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Estas disposiciones vienen a potenciar los principios de optimización y eficiencia energética de los Planes de Acción, necesarios para disminuir las emisiones globales de GEI en las edificaciones (que constituyen el núcleo principal de emisiones de fuentes fijas de origen no industrial) y aportan directrices para el ahorro energético en edificios.

En el ámbito de productos relacionados con la energía, existe la Directiva 2010/30/UE que establece un marco para la armonización de las medidas nacionales relativas a la información al usuario final, en especial por medio del etiquetado y la información normalizada sobre el consumo de energía y, cuando corresponda, otros

recursos esenciales por parte de los productos relacionados con la energía durante su utilización, así como otra información complementaria, de manera que los usuarios finales puedan elegir productos más eficientes.

### Revisión energética

La valoración del uso y consumo de energía es necesaria para determinar el uso significativo de la misma, y posibles puntos de mejora de eficiencia y de optimización energética dentro del alcance considerado.

Para la elaboración de este diagnóstico se deberá considerar, entre otros:

- Los usos pasados y presentes basados en mediciones y otros datos.
- La identificación de las actividades /operaciones, productos y servicios, equipos y/o sistemas con influencia en el uso de energía, así como el desempeño energético actual de los mismos.

El flujo habitual para la realización de una revisión energética, esto es, la determinación del desempeño energético de la organización basado en datos y otro tipo de información, orientada a la identificación de oportunidades de mejora, podría ser el siguiente:



Esquema N°1: Flujo de actividades para la realización de una revisión energética.

### Línea base energética

Se constituye como una referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético en un período especificado de tiempo. Debería ser normalizada utilizando variables que afecten el uso y/o el consumo de la energía, del mismo modo que correspondería utilizarla para calcular los ahorros energéticos, como una referencia antes y después de implementar las acciones de mejora del desempeño energético.

### Indicadores de desempeño energético (IDEs)

Pueden expresarse como valores cuantitativos o medidas del desempeño energético definido por la organización y son considerados como apropiados para el seguimiento y análisis de dicho desempeño energético. Su alcance abarca desde un único parámetro, un único cociente o un modelo complejo.

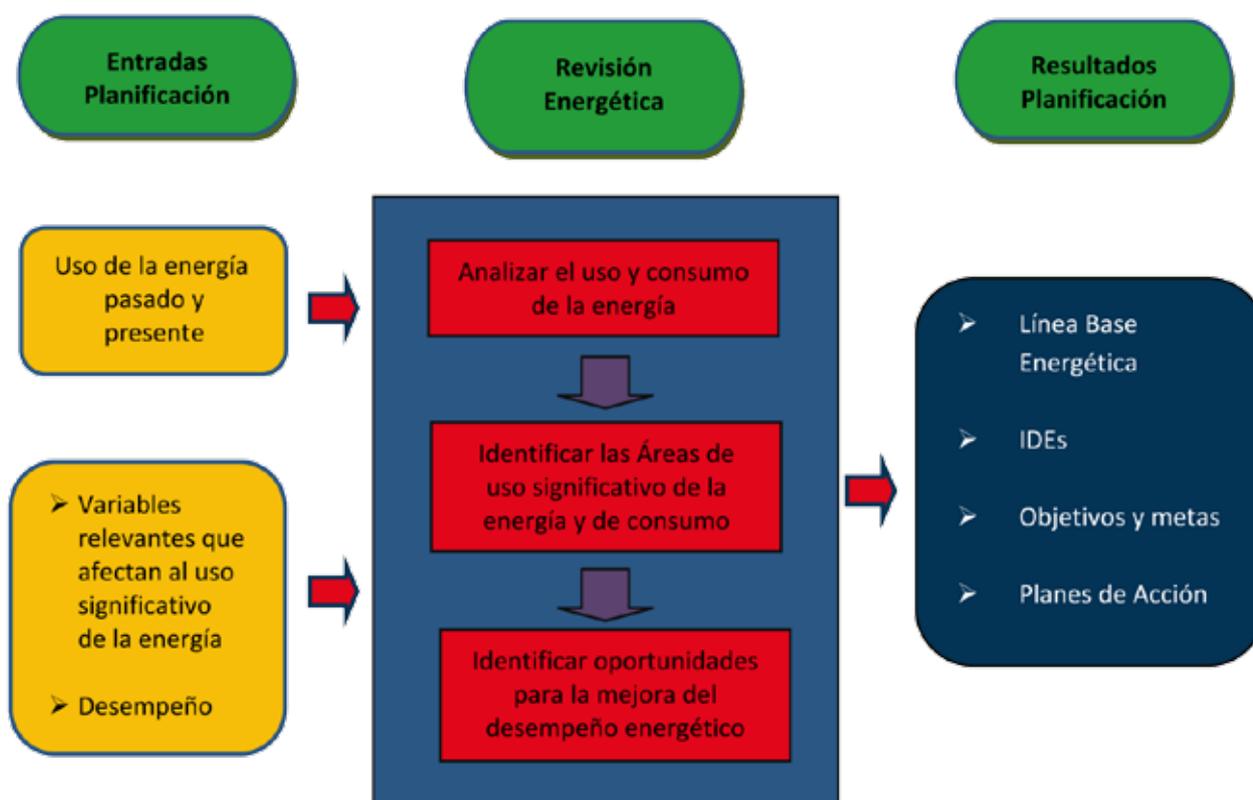
### Objetivos, metas energéticas y planes de acción

Una vez aplicada la sistemática de revisión energética, el establecimiento de la línea base y los indicadores de desempeño energético, los usos y consumos significativos serán aquellos para los que la realización de objetivos de mejora –en ocasiones verdaderos proyectos de ingeniería energética– supondrá un aumento de la eficiencia, una optimización o un ahorro energético considerable. En estos planes de acción se debe establecer de forma inequívoca el método para verificar la mejora a conseguir.

### Control de las operaciones

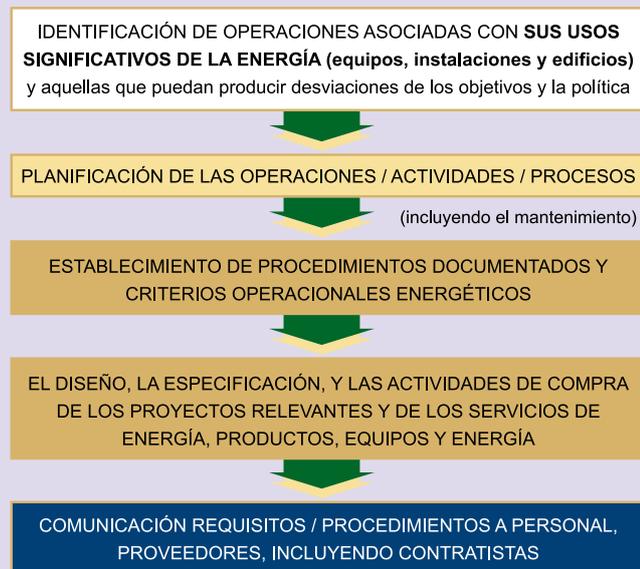
En la práctica, el control de las operaciones energéticas supone que se deben establecer procedimientos e instrucciones de trabajo de forma que permitan el control y la reducción del consumo energético y, que tengan en cuenta, entre otros, los siguientes requisitos:

## Fases de la Planificación Energética



Esquema N° 2: Fases de la Planificación Energética

- ✓ Procesos energéticos implicados y el desarrollo de sistemáticas de eficiencia energética para equipos e instalaciones.
- ✓ Reglas claras de mantenimiento que persigan una mayor eficiencia energética.
- ✓ Diseño de instalaciones y, en su caso, de productos.
- ✓ Procedimientos de compras para equipos, instalaciones y suministros de energía.



Esquema N° 3: Control de procesos energéticos

En general, los procedimientos e instrucciones de trabajo para el control de las operaciones deben incluir la realización de estudios de balances de materia y energía en las instalaciones, pues la información que se derive de esta actividad de control, unido a la información originada por las mediciones asociadas, constituye el conjunto de registros específicamente energéticos cuyo análisis permite justificar objetivos de mejora tales como la instalación de nuevos equipos que mejoren la eficiencia energética (recuperadores de calor, fluidos refrigerantes más idóneos, etc.), o el desarrollo de prácticas de trabajo más eficientes desde el punto de vista energético.

### Diseño

Esta actividad debe evaluar el consumo energético cuando se considera el diseño, cambio o restauración de todos los activos que tienen el potencial de afectar de manera significativa al uso y consumo energético. Estos resultados deben ser incorporados, cuando sea apropiado, en el diseño, la especificación, y las actividades de compras de los proyectos relevantes.

### Compras

Al adquirir servicios de energía, productos y equipos que tengan, o puedan tener, un impacto en el uso significativo de la energía, se debe informar a los proveedores que las compras serán en parte evaluadas sobre la base del desempeño energético. Del mismo modo, se tiene que evaluar el uso, consumo y eficiencia de la energía durante la vida útil planificada o esperada de los mismos.

### Seguimiento, medición y análisis. Plan de medida

El espíritu de este estándar es la captura y el análisis de los datos procedentes del uso y consumo de la energía. Dicho estudio permite justificar objetivos de mejora tales como la instalación de nuevos equipos que mejoren la eficiencia energética, o el desarrollo de prácticas de trabajo más eficientes desde el punto de vista energético.

La captura y monitorización de datos, dentro de un plan de medida estará centrada, entre otros, en:

- ✓ Medir y registrar consumos energéticos significativos y variables asociadas.
- ✓ Mantenimiento, verificación y/o calibración de equipos implicados.
- ✓ Evaluación de consumo energético real frente al esperado.
- ✓ Seguimiento de Indicadores del rendimiento y del desempeño energético.

### 4. CONCLUSIONES

La Norma ISO 50001 constituye una eficaz herramienta útil para ahorrar costes, mejorar el rendimiento energético y, por tanto, mejorar la competitividad disminuyendo, a su vez, el consumo de energía, las emisiones de CO<sub>2</sub>, la dependencia exterior y la intensidad energética.

La Norma Internacional ISO 50001:2011 del Sistema de Gestión de la Energía se ha elaborado de manera que mantiene la estructura y terminología de otras normas internacionales de sistemas de gestión como las de calidad, medio ambiente o prevención de riesgos laborales, para facilitar su implantación en las organizaciones.

Fruto de ese paralelismo, los requisitos de los

apartados comunes con otras modalidades de gestión son los mismos en cuanto a documentación y gestión, lo que permite centrarse en el contenido con enfoque energético de los registros más que en su sistemática de generación.

Existen, no obstante, algunos apartados con contenidos y requerimientos específicos de eficiencia y optimización energética que requieren un tratamiento diferenciado y que son los que marcan la personalización de esta modalidad de gestión empresarial.

El concepto de “planificación energética” conduce a una sistemática de revisión energética, establecimiento de la línea base e indicadores de desempeño energético diferenciada, focalizada en el análisis de instalaciones y equipos con influencia en la eficiencia y optimización energética de los centros de actividades empresariales.

Aunque la identificación y acceso a los requisitos legales se realiza de la misma manera que en otras modalidades de gestión que se apoyan en reglamentación, las fuentes de acceso a las mismas son diferentes y emanan de organismos distintos.

Asimismo, la sistemática de control, seguimiento y medición de las operaciones está basada en un plan de medida de las instalaciones y equipos, así como en el análisis de los balances de materia y energía en los procesos con influencia en el uso de la energía.

La Norma Internacional ISO 50001 es compatible y trasladable desde la europea EN 16001. Se prevé que ISO 50001 se adopte este mismo año como norma europea, lo cual implicará, a su vez, que se incorpore al catálogo de AENOR como UNE-EN ISO 50001:2011.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Norma ISO 50001:2011 Sistema de gestión de la energía. ISO. 2011
2. Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2012. Plan de Acción 2008-2012. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
3. Las energías renovables en España. Diagnóstico y perspectivas. CENER. 2006.
4. Normas serie ISO 14000. Implantación de un sistema de gestión medioambiental. Aenor.

## PÁGINAS WEB DE INTERÉS

Agencia Internacional de la Energía  
[www.iea.org](http://www.iea.org)

Unión Europea  
<http://europa.eu/scadplus/leg/es/s14000.htm>

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio  
<http://www.mityc.es/es-ES/Servicios/Legislacion/>  
<http://www.mityc.es/Energia>

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía  
[www.idae.es](http://www.idae.es)

Comisión Nacional de la Energía  
[www.cne.es](http://www.cne.es)

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas  
[www.ciemat.es](http://www.ciemat.es)

Centro Nacional de Energías Renovables  
[www.cener.com](http://www.cener.com)

Oficina Española para el Cambio Climático  
[www.mma.es/oecc](http://www.mma.es/oecc)

United Nations Framework Convention on Climate Change  
[http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)

Operador del Mercado Eléctrico  
[www.omel.es](http://www.omel.es)

Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos  
[www.aop.es](http://www.aop.es)

Asociación Española de Climatización y Refrigeración  
[www.atecyr.org](http://www.atecyr.org)

Asociación Nacional de la Industria Fotovoltaica  
[www.asif.org](http://www.asif.org)

Asociación Solar de la Industria Térmica  
[www.asit-solar.com](http://www.asit-solar.com)

Fundación para el desarrollo de las nuevas tecnologías del hidrógeno en Aragón  
[www.hidrogenoaragon.org](http://www.hidrogenoaragon.org)

IHOBE  
[www.ihobe.net](http://www.ihobe.net)

Agencias y Entes de la Energía de las distintas Comunidades Autónomas

# Certificación de la Huella de Carbono en NH Hoteles

Departamento Corporativo  
Medio Ambiente e Ingeniería  
NH Hoteles

## 1. INTRODUCCIÓN

**L**a cadena NH Hoteles se convierte en una de las primeras en conseguir la certificación de Huella de Carbono a nivel internacional y para la totalidad de sus establecimientos.

El cambio climático, provocado por la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y en especial del CO<sub>2</sub>, es una de las mayores problemáticas actuales y existen evidencias considerables de que la mayor parte del calentamiento global ha sido causado por las actividades humanas. Hoy día, casi todas las actividades que realizamos (movilidad, alimentación, etc.) y bienes que poseemos y utilizamos (consumo, hogar, etc.) implican consumir energía, lo que significa contribuir en emisiones a la atmósfera.

NH Hoteles es una empresa totalmente concienciada con el Medio Ambiente y con el respeto al mismo. Ofrece servicios de elevada calidad, a la vez que trabaja por la reducción del impacto ambiental que estos servicios producen en el medio ambiente. Por este motivo, ya ha obtenido numerosas certificaciones que avalan las buenas prácticas que realizan en sus instalaciones.

El objetivo de este artículo es explicar la metodología con la que NH Hoteles ha conseguido la certificación a nivel internacional y para la totalidad de sus establecimientos.

## 2.- ¿QUÉ ES LA “HUELLA DE CARBONO”?

Una de las maneras de poder medir la huella ecológica es medir los gases emitidos por una determinada actividad, motivo por el cual nació el

concepto de “**Huella de Carbono**” que corresponde a una valoración cuantitativa de la emisión de GEI asociada a un producto o actividad. Ello permite lograr una trazabilidad de la actividad o producto desde



su origen hasta su fin, en función del nivel de emisión asociado. Señalar que cuando hablamos de GEI nos referimos a los seis gases recogidos en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

En NH Hoteles, prima un planteamiento ecológico y medioambiental en todo el ciclo de negocio: desde las tareas de planificación, diseño y construcción de los hoteles hasta su funcionamiento cotidiano y el servicio que prestamos al cliente. Tenemos la costumbre de anticiparnos, estudiar las posibilidades de la tecnología y analizar los cambios en los hábitos de vida, para innovar y ofrecer servicios que respondan a los retos sociales y medioambientales de futuro.

Esta visión forma parte de los pilares básicos que fueron necesarios para elaborar el **Plan Estratégico de Sostenibilidad y Eficiencia Energética** de la cadena. Este plan tiene como objetivo reducir entre 2008 y 2012:

- Un 20% las emisiones de CO<sub>2</sub>
- Un 20% el consumo de energía
- Un 20% el consumo de agua
- Un 20% la producción de residuos



### 3. ALCANCE

Con esta iniciativa, desde NH Hoteles pretendemos cuantificar la cantidad de emisiones de GEI directas, medidas en emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, que son liberadas a la atmósfera debido al desarrollo de nuestra actividad. De igual modo, y en la medida de lo posible, se actúa en las emisiones indirectas. Este análisis abarca las siguientes emisiones:

- Emisiones directas asociadas a combustión móvil.
- Emisiones directas asociadas a combustión fija.
- Emisiones indirectas asociadas al consumo de electricidad.

Este exhaustivo análisis permite definir mejores objetivos, políticas de reducción de emisiones más efectivas e iniciativas de ahorros de costo mejor dirigidas, todo ello consecuencia de un mejor conocimiento de los puntos críticos para la reducción de emisiones, que pueden o no pueden ser de responsabilidad directa de la organización.

Una vez que los datos de actividad han llegado al Departamento de Medio Ambiente, se seguirá una metodología basada en las **“Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”** y en el **“Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte”** del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol), del World Business Council for Sustainable Development y el World Resources Institute, referencia a nivel mundial para la realización de inventarios de GEI.

## 4. METODOLOGÍA UTILIZADA

### 4.1. Metodologías disponibles

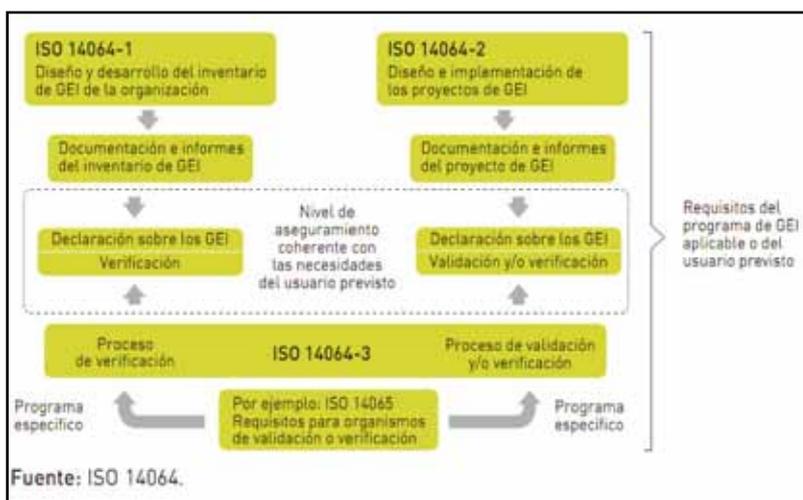
Para el cálculo de la Huella de Carbono existen diversas normas y guías internacionales, unas con un enfoque de producto y otras con un enfoque corporativo. Todas estas herramientas tienen como objetivo dar credibilidad y aseguramiento a los informes de emisión de GEI.

Dentro de las metodologías, para el cálculo de la Huella de Carbono de la organización, las más relevantes son:

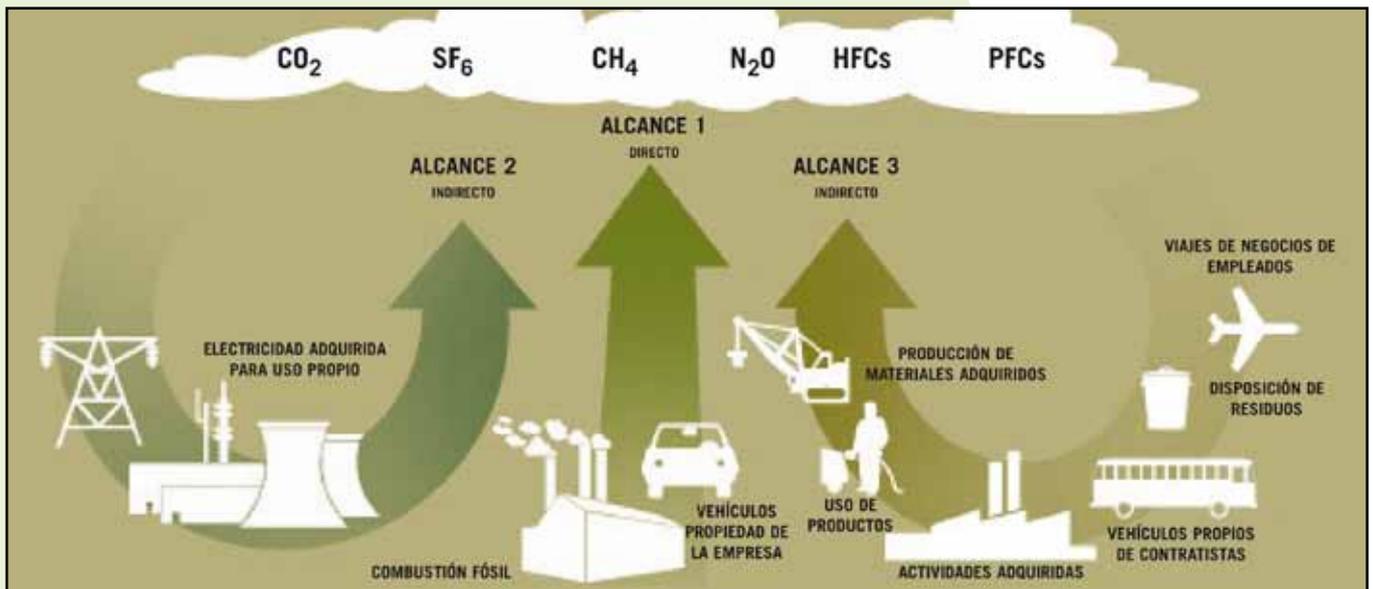
- ISO 14064
- GhG Protocol
- MC3

A continuación, vamos a examinar levemente cada una de las opciones de metodología que tenemos.

La **Norma ISO 14064** tiene como objetivo dar credibilidad y aseguramiento a los informes de emisión de GEI y a las declaraciones de reducción o eliminación de GEI. Esta norma puede ser usada por cualquier organización. En la parte 1 de la norma ISO 14064 se detallan los principios y requerimiento para el diseño, desarrollo y gestión y elaboración de un informe de Huella de Carbono.



El **GhG Protocol** es una iniciativa puesta en marcha por el World Resources Institute (WRI) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), apoyada además por numerosas empresas, organizaciones no gubernamentales y administraciones públicas. El GhG Protocol provee una guía minuciosa para empre-



Fuente: Guía GhG Protocol.

Las empresas interesadas en cuantificar e informar de sus emisiones de GEI.

Para elaborar la Huella de Carbono habitualmente se establecen tres posibles alcances:

- **ALCANCE 1:** Emisiones de GEI de fuentes directas “on site”. Las emisiones directas de GEI se producen por las fuentes que son propiedad de la empresa o están controladas por la empresa.
- **ALCANCE 2:** Emisiones indirectas de GEI asociadas a la adquisición de electricidad. Estas emisiones se generan físicamente en la planta que produce la electricidad pero la energía es consumida en las instalaciones y procesos de la empresa que calcula su huella de carbono.
- **ALCANCE 3:** Las emisiones del alcance 3 son consecuencia de la actividad de la empresa, pero ocurren en fuentes que no son de su propiedad ni están controladas por ella. Son emisiones indirectas de la cadena de suministro o servicio.

La Norma ISO 14064 y el GhG Protocol son similares en cuanto a contenido y estructura. Ambas, establecen cómo definir las emisiones de GEI que deben estar dentro del alcance de la Huella de Carbono y cómo realizar los cálculos. La Norma ISO 14064 establece además un procedimiento de verificación de estos cálculos por un auditor externo independiente. El GhG Protocol ofrece, a través de su página web, herramientas de apoyo para la realización de los citados cálculos.

La metodología **MC3** ha venido desarrollándose durante los últimos años. Se basa en la huella ecológica y presenta un “enfoque a la organización” que incluye: un enfoque “bottom-up” para los productos de entrada, y “top-down” para los productos de salida, permitiendo el cálculo simultáneo de la huella de organizaciones y de productos. La totalidad de los datos se obtienen a partir de las cuentas contables de la organización, lo que permite una relación total entre el aspecto económico y el aspecto ambiental.



## 4.2. Cálculo de la Huella de Carbono en NH Hoteles

Cada empresa debe realizar un estudio sobre sus actividades y sus emisiones para poder elegir correctamente el método a utilizar para medir sus emisiones.

Después de analizar los tres principales métodos para el cálculo de las emisiones de NH Hoteles, la organización decide realizar sus cálculos a través del GHG Protocol, al ser el método que mejor se adapta a las actividades de la empresa.

El primer paso de este método es establecer el periodo de medida (este paso es individual para cada empresa, dependiendo de su volumen de negocio, capacidad de control de consumos) y el periodo base, sobre el cual se calcula la reducción de las emisiones.

En el caso de NH Hoteles el periodo base fue el año 2008, año en el que se lanzó el Plan Estratégico Medioambiental, mencionado anteriormente.

Todos los hoteles que forman parte de la cuantificación y aplicación de esta metodología tienen un histórico de consumos cotejado y correcto. A medida que se incorporan nuevos hoteles, estos pasan por un estudio de consumos para evaluar su situación, su huella y establecer objetivos de reducción concretos.

Así mismo, dentro de las mejoras que se van realizando en el hotel, una vez se estiman los ahorros generados, también se lleva a cabo una cuantificación del ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente que se produce derivado de la implantación de la medida.

Dentro de la tipología de hoteles, hemos venido observando un cambio de tendencia en los consumos energéticos. Si bien, hace algunos años, en el sector hotelero se consumía esencialmente energía eléctrica, tras las medidas de eficiencia y ahorro que venimos desarrollando en nuestros hoteles, actualmente el reparto de consumo energético está balanceado casi al 50% entre la electricidad y otros combustibles.

En función de la fuente utilizada, las unidades de los factores de emisión serán diferentes. Para ser fieles a las fuentes, los datos están dados en

las unidades originales. En el cuadro siguiente se establecen las equivalencias para cada una de ellas:

Terajulio (TJ)	Gigavatio hora (GWh)	Megavatio hora (MWh)	Kilovatio hora (kWh)
1	0,2727	272,7	272.700
Toneladas CO <sub>2</sub> (t CO <sub>2</sub> )		Kilogramos CO <sub>2</sub> (Kg CO <sub>2</sub> )	
1		1.000	

Para el cálculo de la Huella de Carbono se aplicará la fórmula genérica:

$$E = DA \cdot FE$$

Siendo:

Para el cálculo de las emisiones de GEI derivadas del consumo de electricidad adquirida:

**DA (Dato de Actividad):** el consumo de electricidad en kWh.

**FE (Factor de Emisión):** correspondiente al consumo eléctrico en unidades de kg CO<sub>2</sub> equivalente / kWh.

Para el cálculo de las emisiones generadas por la combustión:

**DA(Dato de Actividad):** el consumo de combustible en unidades de energía en TJ. Dicho valor se obtiene a partir del producto de la cantidad de combustible consumido en el año de referencia (en unidades de masa o volumen) por su poder calorífico inferior (PCI) o valor calorífico neto.

$$DA (TJ) = \text{Consumo (m}^3 \text{ o t)} \times \text{PCI (TJ/t ó TJ/m}^3\text{)}$$

El valor calorífico neto puede obtenerse de las Directrices IPCC (Volumen 2, Introducción).

**FE (Factor de Emisión):** generalmente expresado en t CO<sub>2</sub>/TJ, que depende del tipo de características del combustible utilizado en cada caso, seleccionando el tipo de combustión, móvil o fija.

Para la cuantificación de estas emisiones se seguirán los siguientes pasos:

1. Determinar el consumo para el periodo en cuestión:

Para obtener esta información, el Jefe de Mantenimiento de cada hotel recurrirá, mensualmente, a las facturas de consumos.

2. Seleccionar el factor de emisión apropiado en función de la procedencia de la energía.

En el caso de la electricidad, un factor de emisión de una red de distribución de electricidad representa la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero emitidas por unidad de electricidad consumida. Dado que no es posible conocer exactamente de dónde procede nuestra electricidad, tendremos que recurrir a factores de emisión genéricos para la red de distribución de electricidad nacional, lo que se conoce como "factor de emisión del mix eléctrico". En el caso de España, este dato es publicado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Para el resto de los países en los que NH Hoteles tenga actividad, el factor de emisión se obtendrá según la PriceWater House, EDF y ADEME.

En el caso de las emisiones generadas por

combustión, el factor de emisión se puede obtener de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Volumen 2 Energía), seleccionando en función del tipo de combustión: móvil (Capítulo 3) o estacionaria o fija (Capítulo 2).

3. Determinar las emisiones totales en CO<sub>2</sub> equivalente para el periodo en cuestión.

En este paso, simplemente habrá que multiplicar el valor del consumo por el valor del factor de emisión, según la fórmula anteriormente indicada.

4. Relativizar las emisiones totales respecto a los clientes alojados en cada hotel.

Para complementar a los valores absolutos por hotel estimados, se calculan también las emi-

B.U. (Unidad de Negocio)	PAÍS	FACTORES DE EMISIÓN	FUENTE
<b>B.U. ESPAÑA</b>	<b>España</b>	0,45 t CO <sub>2</sub> / MWh.	Ministerio de Industria, Turismo y Comercio
	<b>Portugal</b>	0,525 t CO <sub>2</sub> / MWh.	PriceWaterHouse, EDF y ADEME.
<b>B.U. BENELUX</b>	<b>Bélgica</b>	0,335 t CO <sub>2</sub> / MWh.	PriceWaterHouse, EDF y ADEME.
	<b>Francia</b>	0,083 t CO <sub>2</sub> / MWh.	PriceWaterHouse, EDF y ADEME.
	<b>Luxemburgo</b>	0,590 t CO <sub>2</sub> / MWh.	PriceWaterHouse, EDF y ADEME.
	<b>Sudáfrica</b>	0,845 t CO <sub>2</sub> / MWh.	CO2 Emissions from Fuel Combustion (2009 Edition), IEA, Paris.
	<b>Holanda</b>	0,652 t CO <sub>2</sub> / MWh.	PriceWaterHouse, EDF y ADEME.
	<b>Reino Unido</b>	0,580 t CO <sub>2</sub> / MWh.	PriceWaterHouse, EDF y ADEME.
	<b>B.U. C&amp;EE</b>	<b>Austria</b>	0,250 t CO <sub>2</sub> / MWh.
<b>Hungría</b>		0,345 t CO <sub>2</sub> / MWh.	CO <sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion (2009 Edition), IEA, Paris.
<b>Polonia</b>		0,668 t CO <sub>2</sub> / MWh.	CO <sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion (2009 Edition), IEA, Paris.
<b>Rumanía</b>		0,438 t CO <sub>2</sub> / MWh.	CO <sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion (2009 Edition), IEA, Paris.
<b>Suiza</b>		0,023 t CO <sub>2</sub> / MWh.	CO <sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion (2009 Edition), IEA, Paris.
<b>B.U. ALEMANIA</b>	<b>Alemania</b>	0,601 t CO <sub>2</sub> / MWh.	PriceWaterHouse, EDF y ADEME.
<b>B.U. ITALIA</b>	<b>Italia</b>	0,667 t CO <sub>2</sub> / MWh.	PriceWaterHouse, EDF y ADEME.
<b>MEDIA EUROPEA</b>		<b>0,353 t CO<sub>2</sub> / MWh.</b>	<b>PriceWater House, EDF y ADEME.</b>
<b>B.U. MERCOSUR</b>	<b>Argentina</b>	0,42 t CO <sub>2</sub> / MWh.	Argentine 2 <sup>nd</sup> National Communication
	<b>Chile</b>	0,383 t CO <sub>2</sub> / MWh.	CO <sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion (2009 Edition), IEA, Paris.
	<b>Uruguay</b>	0,104 t CO <sub>2</sub> / MWh.	CO <sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion (2009 Edition), IEA, Paris.
<b>B.U. MEXICO</b>	<b>Cuba</b>	0,849 t CO <sub>2</sub> / MWh.	CO <sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion (2009 Edition), IEA, Paris.
	<b>EEUU</b>	0,613 t CO <sub>2</sub> / MWh.	PriceWaterHouse, EDF y ADEME.
	<b>México</b>	0,470 t CO <sub>2</sub> / MWh.	Programa GEI México

siones de CO<sub>2</sub> por cliente y noche. Para ello, utilizamos la siguiente fórmula:

$$E_{\text{cliente/noche}} = E_t / \text{GuestNight}$$

Donde:

**E<sub>t</sub>** (Emisiones totales) es el valor absoluto de emisiones emitidas por el hotel.

**GuestNight** es la media del número de clientes alojados en el hotel por noche.

Esta metodología se usará para calcular:

1. Emisiones directas asociadas a combustión móvil.
2. Emisiones directas asociadas a combustión fija.
3. Emisiones indirectas asociadas al consumo eléctrico.

#### 4.3. Análisis de datos

Trimestralmente, se hace una recogida de datos, los cuales se analizan para comprobar la evolución de NH Hoteles, comparando las emisiones de cada uno de los trimestres con los mismos periodos de años anteriores. De este modo, podemos obtener una visión objetiva y real del progreso de las medidas tomadas para reducir las emisiones.

Las reducciones de CO<sub>2</sub> vienen expresadas en emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, por cliente y noche, comparadas con el mismo periodo anterior. Así, la intención buscada, es evitar los habituales datos cuantitativos absolutos y aportar información en forma de indicador lo más ajustado posible a nuestra actividad.

Todas las cuantificaciones realizadas están basadas en hojas de cálculo, empleadas para el procesamiento de la información de las emisiones generadas, así como datos referentes a reducciones/aumentos y balances. De este modo, se facilita la trazabilidad de los datos y las operaciones.

#### 4.4. Informe de emisiones

Trimestralmente, se elaborará un informe por Unidad de Negocio (B.U.) en el que se reflejen las emisiones generadas en los últimos meses aso-

ciadas al consumo de electricidad, combustión móvil y combustión fija. En él estarán representados todos los hoteles de cada una de las B.U., con la siguiente información:

◆ Comparativa de emisiones totales del hotel respecto al mismo periodo del año anterior:

En esta comparativa se especificará el porcentaje de aumento o disminución de las emisiones respecto al periodo anterior.

Al realizarlo periodo a periodo, y relativizado con el número de clientes que se ha tenido, los datos son fácilmente comparables.

◆ Comparativa de emisiones totales del período estudiado respecto al objetivo de reducción establecido para éste:

De esta manera podemos ver gráficamente el cumplimiento de los objetivos de cada uno de nuestros hoteles.

◆ Comparativa de ratios de emisión (emisiones de CO<sub>2</sub> por cliente y noche) respecto al mismo periodo del año anterior.

La gran oscilación que presenta el sector hotelero en cuanto a la ocupación de sus edificios repercute de manera muy importante en los consumos de electricidad de los hoteles. Muchas veces un aumento en el consumo de electricidad del hotel, no tiene por qué deberse a una gestión poco eficiente, a veces puede ser consecuencia de un incremento en su ocupación. Para reducir este sesgo, que puede llevar a conclusiones equivocadas, aportamos también la información en forma de indicador para particularizar, en la medida de lo posible, la medición a nuestra actividad.

Por tanto, las emisiones son relativizadas a emisiones de CO<sub>2</sub> por cliente y noche, comparadas con el mismo periodo comparativo anterior.

◆ Comparativa de ratios de emisión (emisiones de CO<sub>2</sub> por cliente y noche) respecto al objetivo de reducción del ratio.

Al igual que con los valores absolutos, también hay establecidos objetivos en los ratios por hotel. La comparativa del ratio conseguido

respecto al objetivo nos da una idea más real del éxito que están teniendo en cada hotel las medidas de eficiencia implantadas.

## 5. MEDIDAS ADOPTADAS POR NH HOTELES

Desde NH Hoteles se han tomado numerosas medidas corporativas para conseguir reducir el consumo energético y con ello disminuir las emisiones a la atmósfera.

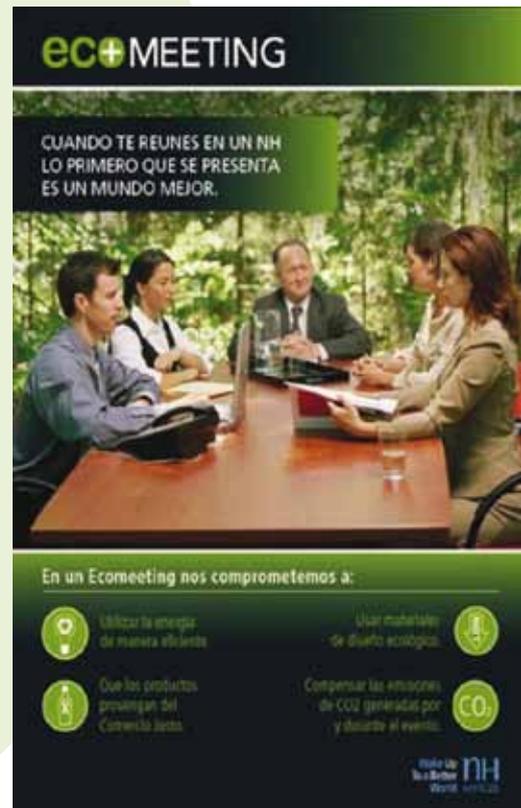
El primer paso para ello fue el lanzamiento del Plan Estratégico Medioambiental que se puso en marcha en 2008. Desde entonces se han obtenido muy buenos resultados llegando, en la mayoría de los casos, a obtener las metas establecidas con mucha anterioridad al plazo marcado inicialmente.

Algunas de las medidas más innovadoras lanzadas a nivel corporativo relacionadas con las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, son:

1. Cambio de bombillas convencionales a bombillas de bajo consumo o bombillas LED, consiguiendo reducir considerablemente el consumo energético en iluminación.
2. Utilización de energías verdes. El 100% de la energía utilizada por NH Hoteles, suministrada por EON a un 74% de nuestros hoteles, procede únicamente de Energías Renovables.
3. Aumento de las placas solares en nuestros hoteles. El 61% de los hoteles europeos tienen algún sistema de generación de Energía Renovable.
4. Impulso al uso del coche eléctrico, mediante la oferta a nuestros clientes de aparcamientos de recarga gratuitos y de ofertas de alquiler de vehículos eléctricos.

Además de estas iniciativas, NH Hoteles ofrece productos exclusivos, pensados y diseñados para ofrecer a nuestros clientes un excelente servicio, a la vez que se disminuye la huella ecológica de los mismos.

Desde esta cadena hotelera se ofrece a sus clientes realizar sus reuniones y eventos de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente, gracias a ECOMEEETING. Este proyecto está implantado en la mayoría de nuestros hote-



les, siendo una modalidad perfecta para las empresas internacionales.

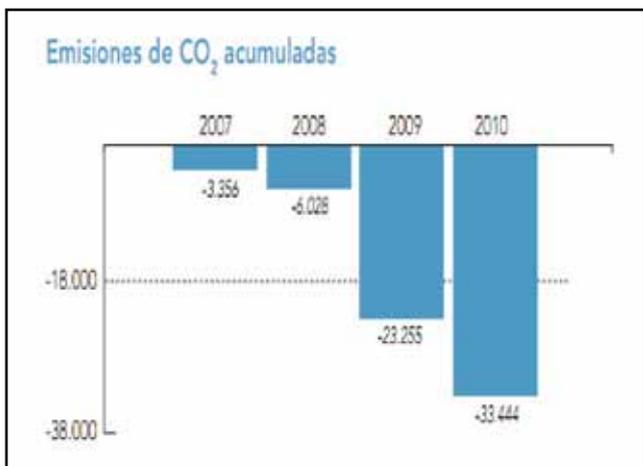
Bajo el sello Ecomeeting, las empresas podrán realizar sus reuniones con materiales y productos diseñados después de un estudio exhaustivo de las necesidades, usos y costumbres de nuestros clientes.

NH Hoteles va más allá y también ofrece a sus clientes la posibilidad de realizar sus reuniones y/o estancias neutras. Gracias a la Calculadora de Emisiones de Carbono es posible comprar las emisiones a la atmósfera producidas durante su estancia en nuestras instalaciones, colaborando con proyectos ambientales a nivel internacional.



## 6. NUESTROS RESULTADOS

Se ha obtenido muy buenos resultados con estas iniciativas, consiguiendo reducir sus emisiones notablemente. Se han evitado alrededor de 33.444 toneladas de CO<sub>2</sub>. Esto equivale a la plantación de unos 67.000 árboles.



## 7. CERTIFICACIÓN



Gracias a este procedimiento y a todas estas iniciativas, NH Hoteles ha conseguido la certificación de este proceso por parte de la prestigiosa auditora alemana TÜV Rheinland Ibérica, convirtiéndose en una de las primeras en obtener el certificado para todos sus hoteles a nivel mundial.

La cadena hotelera NH Hoteles ha obtenido el certificado en reconocimiento al control, cálculo y objetivos de mejora de su Huella de Carbono, así como por el compromiso con el medio ambiente de la Compañía, y los esfuerzos de toda la plantilla. Por lo tanto, conseguir este reconocimiento en cada uno de nuestros hoteles es una enorme satisfacción para la Compañía.

El certificado garantiza que el cálculo refleja adecuadamente las emisiones de NH Hoteles, incluyendo todas las fuentes de emisión de manera consistente. El reconocimiento emitido para todos los hoteles a nivel mundial, concedido por TÜV Rheinland Ibérica Inspection, ha permitido comprobar que la información presentada y publicada es coherente, objetiva, transparente y precisa.



### NOTA

NH Hoteles ocupa el tercer lugar del ranking europeo de hoteles de negocios. Tiene 399 hoteles con casi 60.000 habitaciones en 25 países de Europa, América y África. Cuenta en la actualidad con 21 proyectos de nuevos hoteles en construcción, que supondrán 3.000 nuevas habitaciones.

Como empresa responsable de referencia en el sector turismo, ofrecemos servicios de hostelería que se anticipan a las necesidades de todos sus grupos de interés: Empleados, Clientes, Proveedores, Accionistas, Sociedad y Medio Ambiente, con máximo cuidado en el detalle y con soluciones eficientes y sostenibles.

# La Reducción de Costes y La Calidad del Mantenimiento



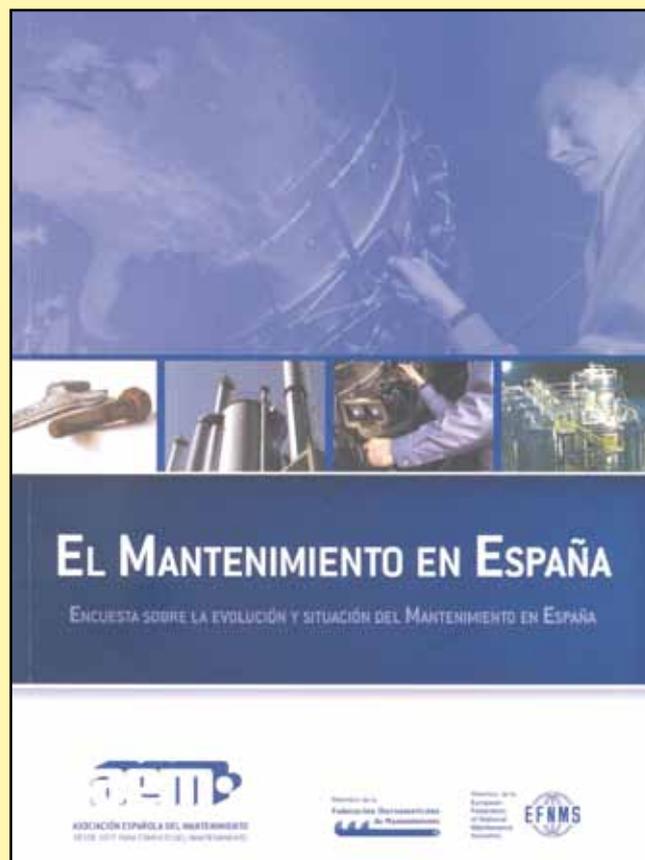
Juan Pedro Maza

Presidente de la  
Federación Iberoamericana  
de Mantenimiento - FIM

**S**on muchos los departamentos de mantenimiento que, en las circunstancias actuales, reciben directrices encaminadas a la reducción del coste directo de la actividad. Y son muchos los responsables que siguen el camino más expeditivo para conseguirlo: examinar los planes previstos para eliminar alguna de las actividades o trasladarlas al año siguiente. Esto último se complica cuando, para ese año siguiente, se recibe la orden de volver a reducir el presupuesto de mantenimiento, con lo que se acumula el trabajo sin hacer y aparece el riesgo de degradación de la integridad de las instalaciones. Los efectos de la actuación de mantenimiento tardan en hacerse visibles, tanto al mejorar como al empeorar, pero finalmente aparecen. Sin embargo, son muchos los caminos que pueden seguirse con la finalidad de reducir los costos de mantenimiento. En el presente artículo vamos a incidir en uno que, como regla general, es aplicable a una gran parte de las organizaciones de mantenimiento: incrementar su productividad.

## Actividad intensiva en mano de obra

En la reciente encuesta publicada por la AEM sobre "El Mantenimiento en España", se pone de manifiesto que la mano de obra (propia más contratada) supone el 70% de los costes de mantenimiento. Y se da la circunstancia de que este valor medio se repite, con pequeñas oscilaciones, independientemente de los sectores o del tamaño de las instalaciones. Es una cifra que también vemos en los benchmarkings internacionales y que, curiosamente, se repite independientemente del nivel y la calidad de la actuación. En cualquier mantenimiento se gastan 7€ de mano de obra para utilizar 3€ de repuestos y materiales.



En resumen, el mantenimiento es una actividad intensiva en mano de obra y esto, de por sí, ya genera situaciones que condicionan su gestión. Una parte muy importante de las actividades industriales es intensiva en capital y esto caracteriza a toda su organización, a su gestión de recursos humanos, a los planes de formación, a la naturaleza de sus convenios colectivos, etc. Y en muchos casos no se considera que el mantenimiento está condicionado por su composición de oficios muy diversos, con muy altos requerimientos en cuanto a la formación de sus especialistas, con distintas jornadas de trabajo (normal, turnos, retén, campañas), con personas de distintas empresas, etc.

## Muestreos de trabajo

Ese conjunto de personas se encuentra diariamente sometido a una carga de trabajo variable con distintos niveles de exigencia y urgencia. Nadie duda de que se hace lo que hay que hacer, y que, técnicamente, se hace bien. ¿Pero se hace de forma adecuada? Cuando se realizan muestreos de trabajo (work sampling) suelen mostrar una imagen bastante decepcionante de cómo se trabaja. Los que hemos participado en más de una docena de ellos, nunca hemos encontrado una productividad superior al 40%. Y hemos visto estudios internacionales donde esa cifra estaría en la banda superior de las muestras investigadas. Es decir, que por cada cuatro horas de trabajo efectivo de mantenimiento se han dedicado otras seis horas a otras actividades nada productivas.

Claro que si a un especialista de mantenimiento le decimos que su productividad es del 37%, es muy posible que se enfade con nosotros. Él no ha parado en todo el día y, en muchos casos con gran molestia por su parte: tuvo que esperar a que apareciera el plano perdido, tuvo que esperar a que el electricista le desconectara la alimentación de la máquina, tuvo que esperar a que el operador le dejara intervenir, tuvo que esperar un repuesto, tuvo que esperar a que llegara la grúa, tuvo que esperar... Esta es la realidad diaria, la adjudicación de trabajos y de instrucciones, los permisos, las interferencias entre oficios, la búsqueda de medios, herramientas, documentación, etc. ocupan la mayor parte del tiempo de los especialistas.



## Planificación y programación

Cuando leemos en la prensa que los "agentes sociales" negocian la consecución de una mayor productividad, imaginamos que no están incluyendo la productividad de mantenimiento. No se consigue este incremento con buena voluntad y declaraciones institucionales. Está claro que hay un objetivo atractivo que conseguir, pero las herramientas para conseguirlo son la planificación y la programación. Unas herramientas específicas de mantenimiento. No valen los sistemas de programación que se utilizan en proyectos de larga duración. Lo normal es que una actuación de mantenimiento se resuelva en menos de un día, o en varios días y requiere técnicas específicas. Desde la emisión de las órdenes de trabajo, hasta el archivo final de sus datos, todo ha de ser llevado a cabo con un proceso estricto. La adjudicación de un nivel de urgencia, la información previa del emisario, el estudio del alcance y el método de trabajo, la definición de medios y herramientas a utilizar, la definición de especialistas a intervenir, el momento de empezar el trabajo y cada intervención parcial, la información a recopilar, etc., son elementos que necesariamente han de ser estrictamente definidos en el proceso de planificación y programación.

## Consecución de resultados

Utilizar de forma adecuada estas técnicas de mantenimiento, nos permite considerar que si un servicio de mantenimiento actúa con una productividad del 40%, no parece ilusorio proponerse un objetivo de alcanzar un 60%. Y cuando se consigue ese salto, se supone que se ha incrementado un 50% la productividad, lo que, finalmente, se traduce en una reducción de los costes de mantenimiento de casi un 30%.

Además, hemos de considerar que, cuando se utilizan bien las herramientas de planificación, se consigue una mayor calidad de las intervenciones y en consecuencia, una disminución del número de averías, un menor riesgo de accidentes y una mayor disponibilidad de las instalaciones, lo que permite una mayor producción con una disminución de los costes específicos de la misma. Y como última consecuencia, una actuación correcta de mantenimiento puede tener una clara influencia en la consecución de los objetivos de la compañía.

# Limpieza y Durabilidad de Paneles Fotovoltaicos en Canarias



Ricardo Guerrero Lemus

Director del Máster Oficial en Energías Renovables  
Universidad de La Laguna (ULL)

Entre el 5 y el 9 de septiembre pasado se celebró en Hamburgo el 26º Congreso Europeo de Energía Fotovoltaica, y se pudo percibir cómo, cada vez con más énfasis, se tratan aspectos adicionales a los clásicos para una tecnología de producción de electricidad que va ganando en madurez dentro del sector energético.

Así, hace unos años los temas de relieve eran, principalmente, los avances en la eficiencia de los módulos fotovoltaicos (superando actualmente el 21% en módulos comercializados) y la construcción de plantas de producción de energía cada vez mayores a partir de esta tecnología (en donde ya estamos entrando en los cinco ceros en términos de MW de potencia pico por planta de producción).

Sin embargo, además del tema esencial de la integración de una cada vez mayor potencia fotovoltaica dentro de las redes eléctricas, en la actualidad, van ganando protagonismo otras cuestiones de especial relevancia. Éstas son las derivadas de la durabilidad de las instalaciones, el mantenimiento de las mismas, incluso las crecientes actividades de reciclaje una vez las instalaciones fotovoltaicas dejan de rendir por encima del mínimo de rentabilidad.

Con respecto a la cuestión de la durabilidad de los módulos fotovoltaicos, responsables del National Renewable Energy Laboratory (NREL) ubicado en Colorado (EE.UU.), que es uno de los tres centros más prestigiosos a nivel mundial en la validación de tecnología fotovoltaica, fueron muy contundentes al afirmar que las garantías de rendimiento a 20 años, ofrecidas comúnmente por las empresas proveedoras de módulos al mercado, no se sustentaban. En este sentido, aportaron estudios propios en los que se demos-

traba que las garantías de durabilidad dependían fuertemente del emplazamiento. Así, por ejemplo, módulos fotovoltaicos de calidad instalados en el sur de Alemania podían llegar a alcanzar los 20 años, pero módulos similares instalados en Arabia Saudí habían demostrado no llegar a superar los 3 años de vida media. En este sentido se señalaron los puntos más vulnerables que acortaban dicha durabilidad y formas de prolongarla.



Figura Nº 1: Imagen de una instalación fotovoltaica en suelo  
(Fuente: NREL)

Trasladada esta cuestión a Canarias, donde la climatología es especialmente dura para los módulos fotovoltaicos en algunas zonas en las que se combina viento marino con gran capacidad de corrosión, polvo en suspensión con importante capacidad para ensuciar paneles, y ciclos térmicos diarios de cierta magnitud, las exigencias de calidad en los módulos fotovoltaicos, y en toda la estructura de soporte, deben estar garantizadas.

El problema principal es que no está definida, siquiera, la metodología para certificar la durabilidad de los módulos fotovoltaicos de forma adecuada, y menos aún reconocida a nivel internacional. Este dato, unido al hecho de que tan sólo en los últimos doce meses han quebrado en el mundo 10 plantas de producción de módulos

fotovoltaicos debido a diferentes cuestiones (incapacidad para mantener las líneas de producción competitivas, expectativas de retorno de inversión no cumplidas, entrada en el mercado con una tecnología no madura, etc.), pueden hacer que los propietarios de las plantas fotovoltaicas tengan que elegir entre adquirir seguros para garantizar el rendimiento de los módulos y que, a la vez, encarecen los costes de producción de electricidad, o afrontar el futuro con la incertidumbre de una curva de rendimiento no garantizada, así como una esperanza de vida de estas empresas muy por debajo de lo característico en un sector con una tecnología consolidada. Quizá una opción intermedia, a la vez que sensata, sea analizar la producción de cada planta en un período suficientemente amplio de tiempo para poder sopesar mejor las medidas que garanticen el retorno de la inversión en valores, al menos, razonables.

Todo lo anterior significa que las exigencias de mantenimiento de las plantas de producción de energía eléctrica a partir de paneles fotovoltaicos van adquiriendo relevancia, pero no sólo en aspectos esenciales para la consolidación de la producción en términos competitivos, sino también en el mantenimiento del día a día, el cual, si no es adecuado, va erosionando la productividad y, por tanto, reduciendo el valor de la inversión.

Ejemplo claro, en este sentido, es la exigencia de limpieza de la superficie captadora de radiación solar de los paneles fotovoltaicos con la periodicidad adecuada. Así, el polvo es el gran enemigo en el corto plazo de la producción de energía con paneles solares. Valores tan pequeños como 4 gramos por metro cuadrado de polvo pueden reducir el rendimiento de un panel un 40%. A esto se añade que muchos de los mejores emplazamientos para la instalación de paneles solares en el mundo, regiones desérticas, por lo general, son lugares en los que las velocidades de deposición de polvo sobre paneles son más elevadas. En este sentido, Canarias se encuentra muy afectada por uno de los mayores sistemas de transporte de polvo del planeta, procedente del desierto del Sáhara (Ver Figura N° 2).



Figura N° 2: Mapa de los sistemas de transporte de polvo mayores del planeta (Fuente: Kellogg & Griffi, 2006).

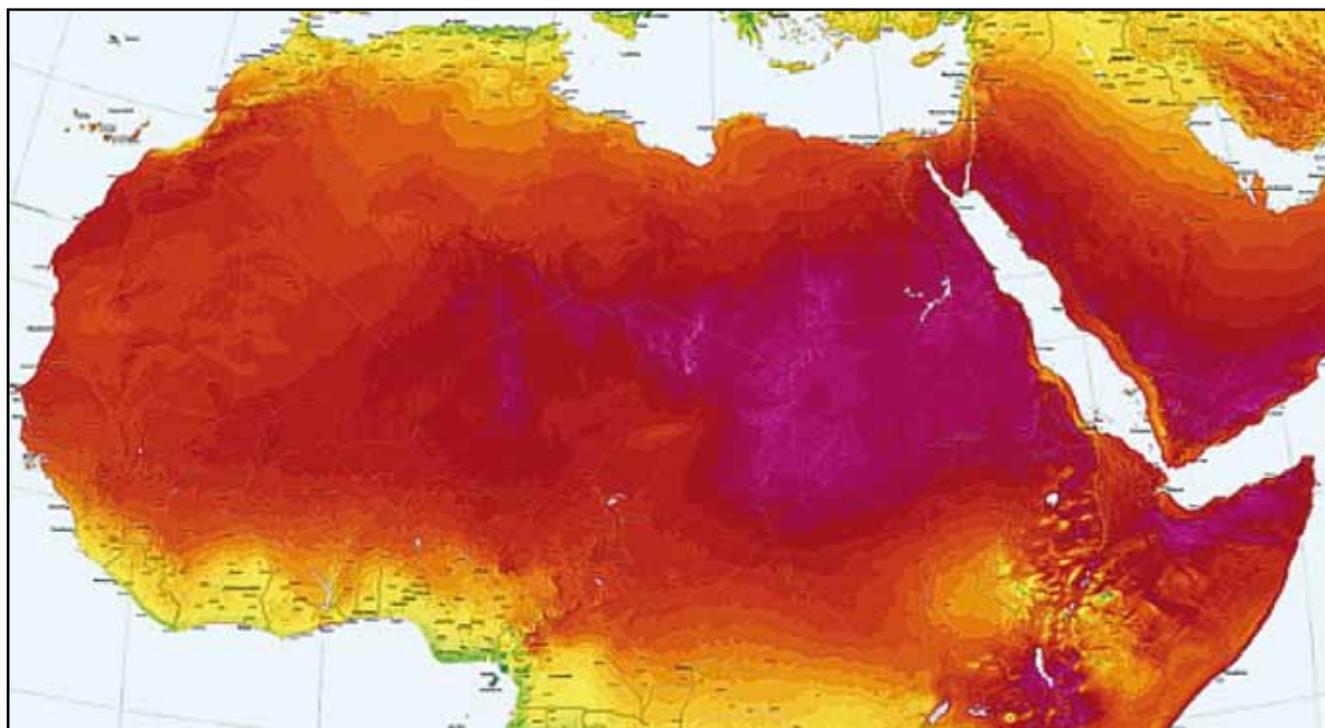


Figura N° 3: Mapa de irradiación solar del norte de África (Fuente: Solaris).

Estudios recientes demuestran que, por ejemplo, en el desierto de Arizona se registran velocidades medias de deposición de 17 gramos de polvo por metro cuadrado al mes, detectándose situaciones aún peores en otras partes del planeta (Mazumder et al., 2011). En el caso de Canarias, la muy favorable ubicación de nuestras islas para el aprovechamiento de la energía solar (Ver Figura N° 3) se ve contrarrestada por nuestra posición dentro del potente sistema de transporte de polvo del desierto del Sáhara, con un claro efecto negativo en la producción.

Adquirir experiencia y desarrollar tecnología en este campo puede ser de vital importancia, no sólo para nuestras propias instalaciones, sino también para las enormes plantas solares que se proyectan muy cerca de Canarias dentro del continente africano, en donde los niveles de irradiación son aún mayores, y con lo que se pretende abastecer de electricidad a Europa (¿y a Canarias?) a través de superredes de transporte (Ver Figura N° 4).

cho recurso es escaso y costoso, esta opción se plantea cada vez más difícil. A esto hay que añadir una creciente sensibilidad medioambiental asociada al consumo de agua en la producción de energía a través de distintas fuentes, que empieza a seguir el mismo patrón que el producido en relación a las emisiones de CO<sub>2</sub> y el cambio climático.

Por otro lado, el agua para la limpieza debe estar adecuadamente desmineralizada si se quiere lograr un rendimiento óptimo. En regiones en las que el grado de dureza del agua es alto, esto es especialmente necesario, lo que ocurre singularmente en muchas zonas de Canarias. Hay que tener en cuenta que el carbonato cálcico, sulfuro de magnesio y otros minerales dejan manchas y capas que, además, bajo condiciones extremas pueden quemarse en el vidrio del panel sobre el que se han depositado, generando daños irreversibles. El agua pura tiene gran capacidad de limpieza porque se enlaza con las partículas de suciedad de forma más eficiente al aumentar sus



Figura N° 4: Mapa de instalaciones del proyecto DESERTEC EU-MENA (fuente: Desertec Foundation).

La utilización de agua para la limpieza de los paneles es lo más común para resolver el problema del polvo pero, en lugares en los que di-

características surfactantes (excepto para superficies engrasadas o con otras suciedades particulares que requieren detergentes específicos).

Además, se evapora sin dejar rastro, incluso con irradiación directa del sol, haciendo innecesario repasar con paños las superficies de los módulos.

Además, los sistemas de limpieza más eficientes introducen conceptos tecnológicos novedosos que mejoran sus prestaciones, como sistemas de bombas para la recuperación del agua, sistema de intercambio agua pura – agua con detergente en función de las características de la suciedad, materiales ultraligeros para operar de forma sencilla a distancia sin necesidad de ser asistido mecánicamente, etc. (Ver Figura N° 5).



*Figura N° 5:*

*Ejemplo de operación con sistema de limpieza mejorado.*

Por otra parte, si el nivel de deposición de polvo es elevado y la planta fotovoltaica de gran tamaño, hay que considerar tecnologías que garanticen ritmos de limpieza por encima de 250 metros cuadrados (~ 35 kWp de potencia fotovoltaica instalada) por hora sin la utilización de plataformas elevadas, camiones cisterna con cañones de agua o escaleras. Un exceso de limpieza tampoco es del todo recomendable porque incrementa riesgos. De esta forma, el establecimiento de unos protocolos de limpieza optimizados puede incrementar de forma considerable los ingresos por producción.

Existen también varias tecnologías de autolimpieza que se plantean para introducirlas en un plazo medio en el sector fotovoltaico. Una de estas tecnologías está basada en la que ya se utiliza para vehículos en misiones espaciales a otros planetas, consistente en colocar una lámina plástica transparente cubriendo la superficie de cristal del panel. Una serie de sensores monitorizan los niveles de polvo sobre la lámina, aplicando una carga eléctrica cuando los niveles de polvo sobrepasan un determinado umbral. La

carga eléctrica genera una onda que repele el polvo de la superficie del vidrio y de los bordes de los módulos, estimándose en unos dos minutos el tiempo necesario para retirar el 90% de las partículas, con exigencias de potencia y consumo eléctrico reducidos. Sin embargo, estos sistemas de autolimpieza se plantean para climas secos (inicialmente aplicado en Marte), lo que introduce dificultades si se trata de extender a climas más húmedos como el canario. Otra tecnología en desarrollo se basa también en la colocación de láminas sobre la superficie exterior del vidrio, pero compuestas por moléculas poliméricas especialmente diseñadas para repeler las partículas de polvo.

Como conclusión de todo lo anterior, se puede señalar que a partir de que la tecnología fotovoltaica madura y se expande dentro del sector eléctrico, nuevas necesidades surgen asociadas a una correcta gestión de los equipos y al adecuado retorno de la inversión para garantizar una durabilidad que aún no se encuentra debidamente validada. El potencial de Canarias para el desarrollo de energía fotovoltaica es inmenso. Sin embargo, las características climáticas y la escasez de agua hacen que las exigencias de mantenimiento, para reducir el efecto del polvo y la suciedad en los paneles fotovoltaicos, sea un aspecto esencial para maximizar la rentabilidad de los sistemas fotovoltaicos. En este sentido, la tecnología con agua pura y recuperada es la mejor opción, aunque se están desarrollando nuevos sistemas que introducen propiedades de autolimpieza que pueden resultar atractivos en el medio plazo. Introducirnos en esta tecnología no sólo puede resultar útil para las plantas fotovoltaicas ubicadas y a ubicar en Canarias, sino también para los megaproyectos que pretenden aprovechar la energía solar en el desierto del Sáhara. Pensemos que los desiertos del planeta recogen del sol en 6 horas la energía que consume el planeta en un año (Knies et al., 2008), y el suelo prácticamente no ha tenido valor económico hasta la fecha.

## BIBLIOGRAFÍA

- M. Mazumder, 240th National Meeting of the American Chemical Society, 24th August 2011, NY (USA).
- G. Knies, Global Economic Symposium GES2008, August 2008, Kiel (Germany).

# El Mantenimiento y la Eficiencia Energética



Carolina Altmann

Jefe de Proyectos Industriales en Montevideo Refrescos. Uruguay

**E**l presente trabajo aborda, después de una breve introducción al concepto de Confiabilidad Operacional, el papel del Mantenimiento en la Eficiencia Energética de las empresas.

## 1. INTRODUCCIÓN

- La *función del Mantenimiento* es asegurar que todo Activo Físico continúe desempeñando las funciones deseadas.
- El *objetivo de Mantenimiento* es asegurar la competitividad de la Empresa, garantizando niveles adecuados de la Confiabilidad y Disponibilidad de los equipos, respetando los requerimientos de Calidad, Seguridad Industrial y cuidado del Medioambiente.
- *Confiabilidad*: probabilidad de que un determinado equipo opere bajo las condiciones preestablecidas sin sufrir fallas.

## 2. LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL

El objetivo de Mantenimiento es *asegurar la competitividad de la empresa*, en esa medida es necesario aumentar la Confiabilidad de los equipos; es decir, disminuir la cantidad de fallas que generan interrupciones no programadas, de manera que se pueda tener la disponibilidad requerida por operaciones.

Tal como lo muestra el concepto de *Confiabilidad Operacional*, el área de Mantenimiento no es la única responsable de la Confiabilidad final de los equipos. Es todo el Sistema, ya que toda Planta Industrial o Empresa de Servicios,

estará integrada por: Procesos, Tecnología, y Personas. En esa medida, se puede relacionar la *Confiabilidad Operacional*, con los siguientes factores determinantes:

- Confiabilidad de Equipos.
- Mantenibilidad de Equipos.
- Confiabilidad Humana.
- Confiabilidad de Procesos.

## 3. CONCEPTO DE FALLA

La definición exacta de la Función deseada en el Activo, determinará los objetivos de Mantenimiento, en cuanto a Confiabilidad y Disponibilidad requeridos para el mismo, y en ésta medida también determinará las Estrategias de Mantenimiento a aplicar, para alcanzar dichos objetivos.

Un *Modo de Falla* es un evento que causa una *Falla Funcional* o pérdida de función.

Sin incluir dentro de la definición de función de un equipo, el consumo energético del mismo y su rendimiento, cualquier incremento del consumo de energía y/o combustible del equipo no será considerado una falla. Simplemente se convertirá en un costo oculto de un Mantenimiento deficiente.

Algunas empresas que están certificadas ISO 14001, están comenzando a considerar la eficiencia energética, desde el punto de vista medioambiental.

Pero la eficiencia energética no es un fin en sí mismo, forma parte de los costos operativos, y Mantenimiento, como generador de rentabilidad de la empresa, no debe darle la espalda.

Al igual que cualquier Modo de Falla, la ineficiencia energética puede ser debida a cualquiera de estas causas:

- Desgaste y deterioro.
- Errores humanos en la ejecución de las tareas de Mantenimiento, y/o en la operación del equipo.
- Problemas de diseño.

Es decir, que la eficiencia energética dependerá, al igual que la Confiabilidad Operacional, de:

- El diseño del equipo.
- Cómo se opera el equipo.
- Cómo se mantiene el equipo.

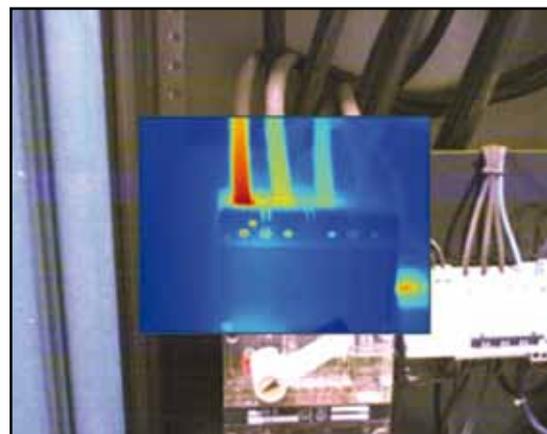
La mala operación, y la sobrecarga de los equipos, tendrán nefastas consecuencias tanto sobre la Confiabilidad de los equipos, como en el consumo de energía. La correcta operación es un pilar fundamental de la eficiencia energética (Ver Fotografía N° 1).

La eficiencia Energética de un equipo nunca podrá ser mayor que la Eficiencia intrínseca de diseño, y sólo será posible aumentarla realizando rediseños en el mismo.

#### 4. EFICIENCIA ENERGÉTICA

La Eficiencia Energética es la relación entre las energías consumidas y el volumen o cantidad producida o movilizada.

La Eficiencia Energética implica poder realizar el mismo trabajo,



Fotografía N° 1: Desequilibrio entre fases. Mala distribución de cargas.

con igual o menos energía. Para poder lograr esto, se debe:

- Reducir las pérdidas de energía.
- Aumentar el rendimiento energético, es decir: el trabajo que se obtiene, para la misma energía consumida.

Debido al progresivo aumento del costo, tanto de los combustibles, como de la energía eléctrica, de la dependencia de los combustibles fósiles, y de la demanda creciente de energía, poco a poco, las empresas están empezando a tomar conciencia de la relevancia de la eficiencia energética.

#### 4.1. La Eficiencia Energética y el Diseño

Para el caso de Compra de Equipos o instalaciones nuevas, la Eficiencia Energética debería ser un factor relevante. Para justificar la decisión de Compra, el costo energético, como costo operativo, debe tenerse en cuenta a lo largo de todo el Ciclo de Vida del Activo.

Deberá tenerse en cuenta la utilización de energías verdes y alternativas.

Para el caso de instalaciones existentes, puede ser importante al comenzar un Proyecto de Mejora de la Eficiencia Energética, realizar una Evaluación de las instalaciones y máquinas, para detectar eventuales problemas de diseño, que puedan limitar la mejora de la Eficiencia Energética. El potencial ahorro energético, puede llegar a justificar la inversión necesaria para el rediseño y reformas en las instalaciones.

Puede existir un gran potencial de mejora, en la recuperación de energía o el diseño de

sistemas regenerativos. Muchas veces se asocia la Eficiencia Energética únicamente a energías alternativas, y no se analizan las fuentes de energía sin explotar que existen dentro de la propia empresa, por ejemplo: ¿cuánta energía se deja ir en purgas, en agua caliente, en aire caliente, que podría aprovecharse para otro proceso?



*Fotografía N° 2:  
Purga en Generador de vapor de alta presión.*



*Fotografía N° 3: Fuga de Vapor.*

#### 4.2. La Eficiencia Energética y la Operación

La falta de procedimientos operativos y las malas prácticas operativas atentan tanto a la Confiabilidad Operacional, como a la Eficiencia Energética.

Más en el caso de operación manual, el rol del

operador de máquinas es fundamental para una buena operación. Debe capacitarse y entrenarse al operador, para concienciarlo de su incidencia en el cuidado del equipo y en la eficiencia energética.

En el caso de plantas de proceso, existe una gran oportunidad de mejora de la Eficiencia Energética, integrando mayor automatización en los sistemas, que permita modular la capacidad y minimizar el tiempo en funcionamiento.



*Fotografía N° 4: Localización Fuga CO<sub>2</sub> con Ultrasonidos.*



*Fotografía N° 5: Pérdida de CO<sub>2</sub> en línea de llenado.*

#### 4.3. El Mantenimiento y la Eficiencia Energética

Como ya se indicó anteriormente, un equipo está en estado de Falla cuando no está cumpliendo con alguna de las funciones requeridas.

Si dentro de las funciones deseadas, se incluye el consumo energético y el desempeño del equipo, la ineficiencia energética se podrá tratar como cualquier otra Falla parcial.

El Plan de Mantenimiento debe diseñarse teniendo en cuenta el impacto de una falla en:

- En la Operación.
- En la Calidad.
- La Seguridad de las personas e instalaciones.
- En el Medioambiente.

La cuantificación del incremento del consumo energético de cada falla será lo que justifique cada una de las acciones, a incluir en el Plan de Mantenimiento, para evitar la Ineficiencia Energética.

Muchas tareas básicas, de complejidad menor y bajo costo de implementación, pueden tener gran incidencia en la Eficiencia Energética, generando grandes reducciones en el consumo de energía, tales como:

- Rutinas de limpieza: condensadores evaporativos, filtros de sistemas de acondicionamiento térmico, generadores de vapor, intercambiadores, etc.
- Rutinas de inspección y reparación de

pérdidas de fluidos: aire comprimido, agua, gases, vapor, etc.

- Rutinas de inspección y reparación de aislamientos térmicos.
- Rutinas de inspección y reparación de trampas de vapor.
- Tratamiento de agua para generadores de vapor, condensadores evaporativos y torres de enfriamiento.

Dentro del Plan de Mantenimiento, se deben prever tareas de Monitoreo de distintas condiciones y/o parámetros operativos de las máquinas e instalaciones, para poder detectar cuando existe un desvío.

El Monitoreo de Condición es una herramienta que se puede utilizar para monitorear el desempeño de los equipos, a través de la medida y seguimiento de determinados parámetros físicos, para lograr anticiparse a la falla:

- Monitoreo de las condiciones dinámicas de la maquinaria: Vibraciones.
- Control mediante Análisis de lubricantes.

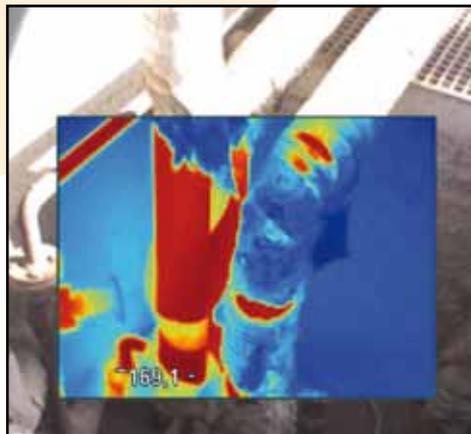


*Fotografía N° 6: Mala calidad de combustión en generador de vapor de locomotora afectando a circuito turístico. No sólo ineficiencia energética, sino también contaminación del medioambiente.*

- Inspección con Ultrasonidos.
- Inspección mediante Termografía Infrarroja.
- Medición del desempeño de equipos:
  - Presión.
  - Caudal.
  - Potencia entregada.
  - Consumo eléctrico.
  - Consumo de combustible.

El mayor beneficio es lograr una alerta temprana que permita programar una intervención correctiva, para minimizar las consecuencias, es decir: el sobreconsumo energético.

Muchas fallas, con Modos de Falla relacionados con el desgaste, ocasionarán también durante las etapas iniciales, un incremento en el consumo de energía.



Fotografía N° 7: Inexistente aislamiento térmico, genera mayor consumo de energía.

Al implementar Técnicas de Monitoreo de Condición, que permitan detectar las fallas en su etapa temprana, también se estará contribuyendo con el cuidado de la Eficiencia Energética.

La efectividad y calidad de la Acción Correctiva es fundamental para no incluir elementos que ocasionen fallas adicionales por mortalidad infantil después de la reparación, porque si no, se disminuirá aún más la Confiabilidad y la Eficiencia Energética.

## 5. INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

La única forma de control del rendimiento energético es a través de Indicadores. Pero, si no se estandariza qué se quiere medir, cómo se va a medir, y con qué frecuencia, no ayudará a

controlar y mejorar el sistema.

Para poder evaluar y controlar la eficiencia y la eficacia del Proceso Productivo y de Mantenimiento, se permitirá:

- Realizar un control y seguimiento interno.
- Realizar benchmarking, ya sea interno o con empresas similares en distintas regiones.

Además de indicadores globales, resulta conveniente definir indicadores específicos para cada Subsistema principal de la empresa.

### 5.1. Indicadores de Rendimiento Energético en Circuitos de Vapor

Algunos ejemplos:

- Vapor generado / Consumo de combustible.
- Volumen de agua neta consumida / Vapor generado.
- Vapor generado / Volumen de producción.
- Energía para producir vapor / Volumen de producción.
- Eficiencia de la combustión en el generador de vapor.

- Porcentaje de recuperación de condensado.

### 5.2. Indicadores de Rendimiento Energético en Circuitos de Aire Comprimido

Algunos ejemplos:

- Energía eléctrica consumida para generar aire comprimido / Volumen de producción.
- Volumen de aire generado / Volumen de producción.
- Volumen de aire generado / Energía eléctrica consumida en circuito de aire comprimido.
- Porcentaje de pérdidas.

- Eficiencia de compresores de aire.

### 5.3. Indicadores de Rendimiento Energético en Sistemas de Refrigeración y Acondicionamiento Térmico

Algunos ejemplos:

- Volumen de agua consumida en Sistema de Refrigeración / Energía Entregada al Sistema.
- Energía eléctrica consumida en Sistema de Refrigeración / Volumen de producción.
- Energía eléctrica consumida en sistema de refrigeración / Horas de marcha de compresores.
- Energía Entregada al Sistema / Energía eléctrica consumida en sistema de refrigeración.
- Eficiencia de compresores.

### 5.4. Indicadores de Rendimiento Energético en Circuitos de Agua

Algunos ejemplos:

- Volumen de agua consumida / Volumen de producción.
- Energía eléctrica consumida para bombeo de agua / Volumen de Producción.
- Energía eléctrica consumida para bombeo de agua / Volumen de agua consumida.
- Volumen de pérdidas = Volumen de agua consumida - Volumen de agua en producto – Volumen vertido de efluentes.

### 5.5. Indicadores de Rendimiento Eléctrico

Algunos ejemplos:

- Energía eléctrica consumida en Producción / Volumen de Producción.
- Factor de potencia.

### 5.6. Indicadores de Eficiencia de Iluminación

Algunos ejemplos:

- Lumen / Energía consumida en iluminación.
- Lumen / Superficie.

### 5.7- Indicadores de Rendimiento de Combustible para Flotas

Algunos ejemplos:

- Consumo combustible / Volumen de Producción.
- Consumo de combustible / Horas de funcionamiento.
- Km recorridos / Consumo de combustible.
- Consumo de combustible / Tonelada transportada.

## 6. CONCLUSIONES

El Mantenimiento es uno de los pilares de la Eficiencia Energética.

Es importante jerarquizar las fallas relacionadas con la Eficiencia Energética, realizar una Revisión de los Planes de Mantenimiento, incluyendo acciones para prevenir las consecuencias de las mismas, lo que requerirá básicamente de rutinas de inspección y Monitoreo de Condición de ciertos parámetros operativos.

Para poder implementar un Sistema de Gestión Energética de la empresa, será necesario establecer Indicadores de Eficiencia Energética. Para tener mayor sensibilidad y poder de detección de cualquier desvío, resultará más conveniente establecer Indicadores específicos para cada Subsistema principal de la planta o empresa.

### BIBLIOGRAFÍA

- “Administración Moderna de Mantenimiento” – Lourival Tavares, Año: 1999, Editorial Novo Polo Publicações e Assessoria Ltda.
- “¿Cómo Mejorar la Confiabilidad de un Sistema Complejo?” – Carolina Altmann, Año: 2007. [www.mantenimientomundial.com](http://www.mantenimientomundial.com)
- “Modelos Mixtos de Confiabilidad” – Luis Améndola. Año: 2002. Libro electrónico: [www.pmmlearning.com/](http://www.pmmlearning.com/)
- ¿Qué es la Confiabilidad Operacional?, Bernardo Durán. Año: 2000. Revista Club de Mantenimiento, N° 2. [www.clubdemantenimiento.com.ar](http://www.clubdemantenimiento.com.ar)
- “RCM 2” – J.M Moubray, Año: 1995. Editorial Industrial Press.

# El Reconocimiento de las Competencias Profesionales



Lidia Esther González Delgado

Instituto Canario de las Cualificaciones Profesionales ICCP  
Servicio Canario de Empleo

## Adquiridas por la Experiencia Laboral

### 1. INTRODUCCIÓN

**T**radicionalmente, la competencia profesional de una persona sólo ha podido ser acreditada oficialmente cuando su adquisición se ha producido dentro de un sistema formal, principalmente del ámbito educativo, de manera que los títulos otorgados por este sistema han sido el instrumento de reconocimiento formal de la competencia aceptado universalmente.

Sin embargo, se ha ido alcanzando de forma progresiva una conciencia plena de que los aprendizajes no sólo se adquieren en entornos formales, sino que se producen también mediante la experiencia adquirida por la práctica profesional o a través de las actividades de la vida cotidiana.

Por este motivo, en los últimos años, diversos países de todo el mundo han desarrollado disposiciones legales y metodologías encaminadas al establecimiento de sistemas que permitan la acreditación de la competencia profesional adquirida a través de la experiencia profesional y de otras vías no formales, diseñando procesos específicos de evaluación y reconocimiento de los aprendizajes previos.

En diciembre del 2006, el Instituto Canario de las Cualificaciones Profesionales, después de indagar y contrastar con otras comunidades autónomas sus experiencias, presenta para su aprobación al Consejo Canario de Formación Profesional, la Metodología Básica para el desarrollo del Dispositivo de Evaluación y Reconocimiento de la Competencia Profesional en nuestra Comunidad.

En abril de 2007, se pone en marcha la primera experiencia piloto de reconocimiento, evaluación y acreditación en Canarias dirigido a la obtención del Título de Técnico en Cocina, que pretendía poner a prueba los procedimientos establecidos en el diseño aprobado. A partir de esta práctica, se han desarrollado convocatorias dirigidas a más de 1.900 profesionales de distintas especialidades entre las que se encuentran: Cocina, Servicios de Restaurante y Bar, Equipos e Instalaciones Electrotécnicas, Transporte Sanitario, Atención Sanitaria a múltiples víctimas y catástrofe, Educación Infantil, Atención Sociosanitaria a personas en domicilio y a personas dependientes en Instituciones Sociales.

El proponer el reconocimiento de la competencia profesional adquirida a través de la experiencia laboral, o de vías no formales que tienen los trabajadores, es fundamental, tanto para lograr una señalización correcta de los conocimientos y capacidades que poseen los individuos, como para estimular la extensión hacia procesos de formación permanente, en particular para los colectivos poco cualificados "formalmente", pero con experiencia profesional dilatada.

Hay que tener en cuenta, según los datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que en el 2015 sólo el 15% de los empleos serán de baja cualificación. España supera en 4-5 puntos la media europea en titulados universitarios, pero en titulaciones medias nos encontramos a quince puntos de la Unión Europea.

El reconocimiento de la experiencia laboral, ya sea total o parcial, puede incentivar a muchos trabajadores a invertir en su cualificación formal, y esto puede repercutir tanto en la trayectoria profesional de los mismos trabajadores, como en la competitividad de las empresas.

## 2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN Y ACREDITACIÓN

El Real Decreto 1224/2009, de 17 de julio, se publica en el Boletín Oficial del Estado el 25 de agosto de 2009, después de algunos años de espera. Según esta norma, el procedimiento de evaluación y acreditación es entendido como el conjunto de actuaciones dirigidas a evaluar y reconocer las competencias adquiridas a través de la experiencia laboral o de vías no formales e informales de formación.

El referente para la evaluación y acreditación son las unidades de competencia (UC) del Catálogo Nacional de Cualificaciones Profesionales, que están presentes en los Certificados de Profesionalidad y en los títulos de Formación Profesional.

Los requisitos que tienen que tener las personas que quieren participar son los siguientes:

- Nacionalidad española, residente comunitario o autorización de residencia.
- 18 años cumplidos para las Cualificaciones de nivel I y 20 años para las de nivel II y III.
- Una experiencia laboral de 3 años con un mínimo de 2.000 horas trabajadas en los últimos diez años, para las cualificaciones de nivel II y III. Para las de nivel I, dos años de experiencia y mínimo 1.200 horas.
- Formación: al menos 300 horas, en los últimos diez años. Para las cualificaciones de nivel I, al menos 200 horas.

La evaluación y acreditación de las competencias profesionales se desarrolla a lo largo de tres fases:

1. Fase de Asesoramiento: Los candidatos seleccionados son ayudados por un asesor a hacer evidentes sus competencias, para decidir si está en condiciones de pasar con ciertas garantías a la fase de evaluación. Durante esta

fase el asesor asignado ayudará a la persona candidata a:

- Complimentar el Cuestionario de Autoevaluación.
  - Recopilar los documentos que justifiquen la experiencia laboral y la formación relacionada con las unidades de competencias en la que se ha inscrito.
  - Completar su Historial Profesional y/o Formativo.
  - Identificar y clarificar otros aspectos de su profesionalidad y organizar toda la información que haya aportado en un Dossier de Competencias.
2. Fase de Evaluación: El objetivo de esta fase es que la persona demuestre su competencia profesional, relacionada con aquellas Unidades de Competencia, para la que ha solicitado el reconocimiento. La decisión final la tomará de forma colegiada la Comisión de Evaluación.

La Comisión de Evaluación, una vez valorados los resultados, informará al candidato/a sobre:

- Las Unidades de Competencia que han quedado suficientemente demostradas.
  - Las Unidades de Competencia que no han quedado suficiente demostradas.
  - Las oportunidades para completar su formación y obtener la acreditación completa de Títulos de Formación Profesional o Certificados de Profesionalidad.
3. Fase de acreditación y registro: Una vez superado el proceso de evaluación, el Instituto Canario de las Cualificaciones le expedirá a cada persona un certificado oficial de acreditación de cada una de las Unidades de Competencia en la que haya demostrado su competencia profesional.

Y esto sólo acaba de empezar. Estamos convencidos de que es necesario seguir avanzando y proyectando en el despliegue de procedimientos de evaluación y acreditación de competencias profesionales en Canarias, en su mejora y, por supuesto, en su aplicación, con vistas a contribuir y promover una indiscutible estrategia de aprendizaje a lo largo de la vida.

iccp

Instituto Canario de las Cualificaciones Profesionales

# ACREDITATE

## PROCEDIMIENTO DE RECONOCIMIENTO DE LAS COMPETENCIAS PROFESIONALES ADQUIRIDAS POR LA EXPERIENCIA LABORAL

### CONVOCATORIA PÚBLICA

#### 1ª Fase ASESORAMIENTO

**Objetivo:**  
Preparación y puesta a punto del proceso de evaluación.

INFORME

NEGATIVO

Candidato decide

PLAN DE FORMACIÓN

POSITIVO

#### 2ª Fase EVALUACIÓN

**Objetivo:**  
Comprobar si se demuestra la competencia profesional requerida en las realizaciones profesionales, en los niveles establecidos en los criterios de realización y en una situación de trabajo, real o simulada fijada a partir del contexto profesional.

SI

UNIDADES DE COMPETENCIA DEMOSTRADAS

NO

#### 3ª Fase ACREDITACIÓN

**Objetivo:**  
Que surta efectos de

PLAN DE FORMACIÓN

CONVALIDACIÓN

EXENCIÓN

Módulos profesionales correspondientes a un  
**TÍTULO DE FORMACIÓN PROFESIONAL**

Módulos formativos correspondientes a un  
**CERTIFICADO DE PROFESIONALIDAD.**

### REQUISITOS DE LOS CANDIDATOS NIVEL 2 y NIVEL 3

Para ser admitidos en el procedimiento convocado, los candidatos deberán poseer, a la finalización del plazo de presentación de solicitudes, y mantener hasta el final del mismo, los siguientes requisitos:

- Poseer la nacionalidad española, haber obtenido el certificado de registro de ciudadanía comunitaria o la tarjeta de familiar de ciudadano o ciudadana de la Unión Europea, o ser titular de una autorización de residencia o de residencia y trabajo en España en vigor, en los términos establecidos en la normativa española de extranjería e inmigración.
- Tener 20 años, cumplidos en el momento de la inscripción.
- Tener experiencia laboral y/o formación relacionada con las competencias profesionales que se quieren acreditar:
  - \* En el caso de experiencia laboral. Justificar, al menos 3 años, con un mínimo de 2.000 horas trabajadas en total, en los últimos 10 años transcurridos antes de realizarse la convocatoria.
  - \* En el caso de formación. Justificar, al menos 300 horas, en los últimos 10 años transcurridos antes de realizarse la convocatoria. En los casos en los que los módulos formativos asociados a la unidad de competencia que se pretende acreditar contemplen una duración inferior, se deberán acreditar las horas establecidas en dichos módulos.

### GLOSARIO DE TÉRMINOS:

- **Acreditación de la Competencia Profesional:** Proceso por el cual se otorga un reconocimiento de competencias a la persona candidata mediante una acreditación oficial.
- **Acreditación parcial acumulable:** Acreditación oficial mínima correspondiente a una unidad de competencia, expedida por las administraciones educativas y/o laborales, que obtienen las personas candidatas que superan el proceso de reconocimiento y acreditación.
- **Unidad de competencia:** Agregado mínimo de competencias profesionales, susceptible de reconocimiento y acreditación parcial, que unidas a otras conforman una cualificación profesional.
- **Cualificación profesional:** Conjunto de competencias profesionales con significación para el empleo, organizadas en unidades de competencia, que pueden ser adquiridas mediante formación, así como, a través de la experiencia laboral, y que conforman el catálogo nacional de cualificaciones profesionales.
- **Competencia profesional:** Conjunto de conocimientos y capacidades que permiten el ejercicio de la actividad profesional conforme a las exigencias de la producción y empleo.
- **Certificado de profesionalidad:** Acreditación oficial, otorgada por la administración laboral competente, que acredita la capacitación para el desarrollo de una actividad laboral con significación para el empleo.

# El Análisis de la Gestión Aplicado al Diseño de una EBAR



Daniel Ramírez Barreiro

Departamento de Explotación  
Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria

## (Estación de Bombeo de Aguas Residuales)

Las estaciones de bombeo de aguas residuales (en adelante EBAR) son un elemento esencial dentro del complejo sistema de colectores de saneamiento y, por tanto, un paso previo y fundamental dentro de la depuración de aguas residuales. Por ello, un buen planteamiento inicial permitirá mejorar, tanto las condiciones de operación como la reducción de incidencias, en el proceso posterior que es la depuración.

### ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN EBAR

- Desbaste. Rejas y desengrasador
- Pozo decantador de gruesos y de rotura de carga
- Pozo de bombeo
- Bombas
- Accesorios hidráulicos (válvulas, tuberías, etc.)
- Control (caudalímetros, sondas nivel, etc.)
- Accesorios para la operación y la realización de las labores de mantenimiento (trípode, puente grúa, detector de gases, escaleras de acceso, etc.)
- Instalación eléctrica
- Instalación de Control-Comunicaciones



Fotografía N°1: Localización exterior de una EBAR y descripción general de la misma.

El diseño es una parte clave en la optimización de los costes de explotación y en el ciclo de vida para cualquier instalación y, en el caso de los procesos de depuración, este análisis es un requisito indispensable.

En todo dimensionamiento de una nueva instalación, se debe buscar la eficiencia de los recursos disponibles, tanto económicos como tecnológicos, y de ese modo alcanzar, en la medida de lo posible, un diseño acorde al entorno socio-económico. En nuestro caso, estos análisis previos se centran en mejorar el proceso de depuración en su fase inicial.

Con el objeto de familiarizarnos con las características del proceso de una EBAR, el paso previo es definir qué elementos componen dicha instalación:

Para un mejor entendimiento de la instalación, se debe exponer la información según las siguientes etapas:

1. Análisis del diseño previo de una EBAR.
2. Control y Gestión de la información obtenida para el diseño de los elementos que componen una EBAR.
3. Prácticas recomendables de explotación.

A continuación, vamos a profundizar en el desarrollo de estas tres etapas que nos permitirán mejorar la eficiencia de cualquier instalación de bombeo y, en nuestro caso particular, de aguas residuales.

## 1. ANÁLISIS DEL DISEÑO PREVIO DE UNA EBAR

Antes de comenzar con el diseño de una EBAR se debería estudiar:

- a) Localización del emplazamiento: cercanía a cauce de barranco, cercanía de la costa, ubicación interna o externa a núcleo poblado.
- b) Caracterización del efluente: muestreo analítico previo en varios puntos de la red (cuando sea posible), caudal medio, caudal punta y conocimiento aproximado (trazado, longitud, red separativa, etc.) de la red de saneamiento que

afecta a la EBAR.

- c) Tipos de actividades: agrícolas, industriales y/o urbanas que afecten a la red de saneamiento.
- d) Población y estacionalidad: habitantes fijos de un municipio y población flotante por estaciones.
- e) Pluviometría: características de la climatología mensual y fenómenos adversos que afectan al emplazamiento.
- f) Dotaciones: cercanía a servicios como agua de abasto, suministro eléctrico, redes de comunicaciones y talleres/almacenes de suministros industriales.
- g) Jerarquización de red: distancias en tiempo a la estación depuradora de aguas residuales (en adelante EDAR), porcentaje de caudal de aporte sobre el total del agua de entrada en la EDAR y relevancia sobre otras EBAR.
- h) Seguridad de la instalación: Instalación subterránea o en superficie, ventilación natural o forzada, accesos restringidos y de evacuación, señalización de seguridad, documentación de equipos e instrucciones/protocolos de actuación.

Una vez obtenida la información del análisis previo, se deben plantear las soluciones técnicas, que la mejor tecnología disponible y los recursos humanos/materiales nos permitan, para la consecución de un buen diseño y una mejor explotación.

En todo análisis de información, hay que tener siempre presente que las instalaciones deben ser diseñadas con el objeto de alcanzar un funcionamiento eficiente. El objetivo primordial es que funcionen de forma segura y garantizar, a su vez, mediante buenas prácticas de explotación, una vida útil mayor de los equipos alojados en dichas instalaciones.

## 2. CONTROL Y GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA

Con la información obtenida en la primera etapa, se debería poder contestar:

## a) Localización del emplazamiento:

- a. Cercanía a cauce de barranco, si la estación rebosa: ¿Vierte a zona sensible o no?, ¿es remediable el rebose?, ¿existe algún emisario terrestre?
- b. Cercanía de la costa, si la estación rebosa: ¿Vierte a zona sensible o no?, ¿es remediable el rebose?, ¿existe algún emisario marino?
- c. Ubicación interna o externa: ¿Qué distancia separa la estación del núcleo poblado más cercano?, ¿hay posibilidades de soterrar la estación?, ¿hay posibilidades de crecimiento de la EBAR en un futuro?, ¿y a corto plazo?, ¿está afectada la EBAR por algún plan urbano o zona medioambiental especial?

## b) Caracterización del efluente:

- a. Muestreo analítico previo en varios puntos de la red (cuando sea posible): ¿Cuántos análisis son representativos y cuál es la época más adecuada para su muestreo?, ¿qué parámetro experimenta mayor variación de los diferentes tomados y en qué ubicaciones del muestreo?
- b. Caudal medio y caudal punta: ¿Se podrían estimar al menos 3 lecturas mañana, tarde y noche?, ¿se pueden identificar los caudales por ramales?, ¿se unifican los ramales antes de llegar a la EBAR?
- c. Conocimiento aproximado (trazado, longitud, red separativa, etc.) de la red de saneamiento que afecta a la EBAR: ¿Se pueden identificar las pendientes por ramales?, ¿se podría identificar en qué punto hay red separativa y en cuál no?, ¿cuál fue el último plano actualizado de la red de saneamiento?

## c) Tipo de actividades:

Agrícolas, industriales y/o urbanas que afecten a la red de saneamiento: ¿Se podrían identificar las actividades no urbanas que vierten a la red?, ¿se pueden identificar potenciales actividades de vertido aguas arriba de la EBAR?

## d) Población y estacionalidad:

- a. Habitantes fijos de un municipio: ¿Se puede cuantificar la población (presente y futura) que afecta a la EBAR?
- b. Población flotante por estaciones: ¿Se puede cuantificar la población flotante por estación?, ¿es un municipio turístico todo el año o parte del mismo?, ¿existen actividades urbanas que pueden afectar en época de máxima población activa (conciertos, eventos deportivos, etc.)?

## e) Pluviometría:

- a. Características de la climatología mensual: ¿Se podría cuantificar la pluviometría media y los meses lluviosos?, ¿se puede identificar o tener registros fiables de la temperatura media mensual?
- b. Fenómenos adversos que afectan al emplazamiento: ¿Se pueden identificar o tenemos conocimiento de fenómenos como tormentas con aparato eléctrico, granizo o nieve?

## f) Dotaciones:

- a. Cercanía a servicios como agua de abasto, suministro eléctrico, redes de comunicaciones: ¿Se podrían contratar estos servicios con facilidad?, ¿hay que trasladar o ejecutar obras para acercar dichos servicios?, ¿se puede prescindir en el diseño de alguno de estos servicios?
- b. Talleres/almacenes de suministros industriales: ¿Qué tipo de suministros industriales existen en la zona?, ¿sabemos la distancia a la EBAR y horarios de talleres y suministros industriales?

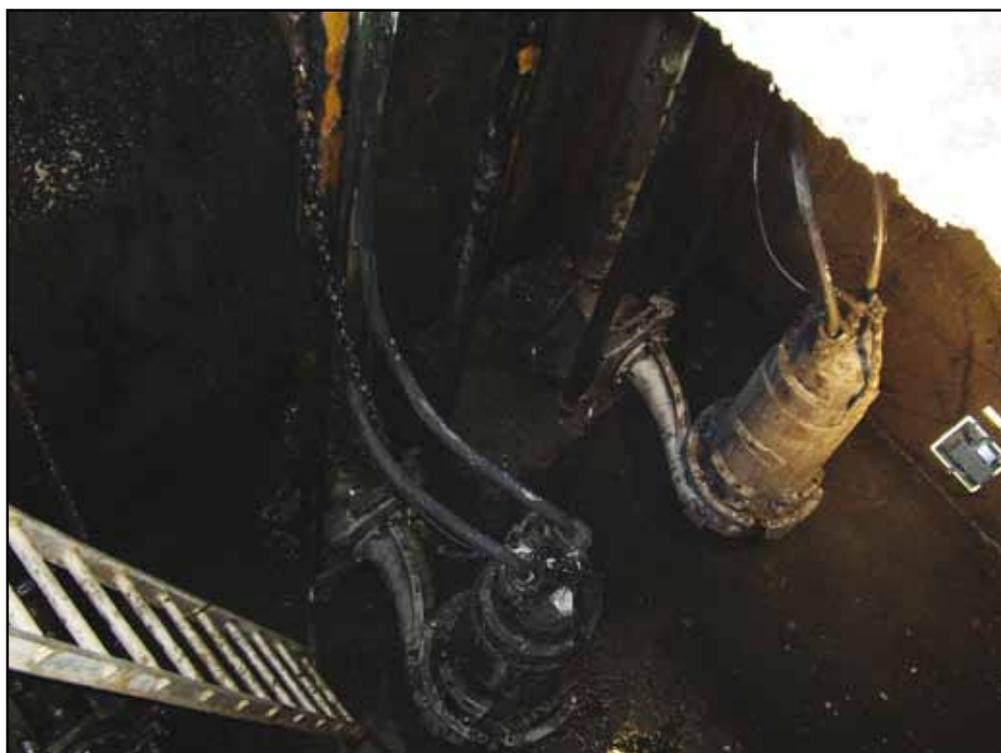
## g) Jerarquización de red:

- a. Distancias en tiempo a la estación depuradora de aguas residuales: ¿Qué tiempo tarda en llegar el operario desde la EDAR?, ¿podríamos saber si el acceso es bueno para mantenimiento y/o cubas de limpieza?, ¿el acceso puede verse interrumpido por lluvias?

- b. Porcentaje de caudal de aporte sobre el total del agua de entrada en la EDAR: ¿Se puede cuantificar cuál es caudal que aporta la EBAR sobre el total?, ¿será el mismo caudal en caso de pluviometría?
- c. Relevancia sobre otras EBAR: ¿Está la EBAR situada en cabecera de red o en cola?, ¿la EBAR aporta directamente hacia la EDAR u otra EBAR?
- h) Seguridad de la instalación:
- a. Instalación subterránea o en superficie: ¿El acceso a la instalación es directo desde la calle o se encuentra separado mediante vallado?, ¿el acceso a la EBAR se realiza mediante escaleras y/o pasarelas al mismo nivel o distinto?, ¿los equipos mecánicos se alojan al mismo nivel o deben ser elevados desde su ubicación bajo la rasante de la calle?
- b. Ventilación natural o forzada: ¿La instalación posee fácil ventilación natural o debemos añadir elementos de ventilación forzada?, ¿es necesario instalar equipos de control de gases?
- c. Accesos restringidos y de evacuación: ¿Cuántas entradas y/o salidas posee la instalación?, ¿cuántas arquetas, pozos y/o cavidades de limpieza o que deban limpiarse existen en la EBAR?
- d. Señalización de seguridad: ¿Cuál es la señalización mínima de seguridad de la instalación?, ¿todas las áreas de la EBAR deben tener la misma facilidad de acceso?, ¿Cuánta iluminación natural o artificial es necesaria en la instalación?
- e. Documentación de equipos e instrucciones/protocolos de actuación: ¿Dónde se encuentran guardados los manuales, planos y esquemas eléctricos de la EBAR?, ¿existen protocolos de trabajo en la EBAR?, ¿existen protocolos de trabajo frente a inundaciones y/o accidentes acaecidos dentro de la instalación?, ¿existe algún panel informativo instalado con los teléfonos para emergencias y/o incidencias?

Tras la recepción de datos, y con las respuestas a las preguntas planteadas, se puede comenzar a dibujar el croquis de la instalación que queremos en el punto definido.

Asimismo, y como sugerencia, se debe considerar que los datos y planteamientos que son válidas en un clima o región, pueden no serlo para otra ubicación geográfica. Por tanto, se re-



Fotografía N°2: Pozo de bombeo y equipos de bombeo.

comienda siempre buscar que las EBAR funcionen de forma segura allí donde se encuentren, intentando conocer el máximo de detalles que nos encaminen a un diseño eficiente.

Por último, y una vez desgranados los conocimientos previos que se han obtenido tanto de la gestión directa como de la experiencia en campo de las diversas EBAR situadas en la isla de Gran Canaria, se procede a exponer las recomendaciones de explotación que nos pueden orientar a solventar problemas, tanto en el presente como en el futuro, de las instalaciones de agua residual.

### 3. PRÁCTICAS RECOMENDABLES DE EXPLOTACIÓN

En este último apartado expondremos una serie de sugerencias basadas en experiencias propias que sirvan para que el lector pueda reorientar, aplicar o descartar, a su modelo de gestión, el mantenimiento más adecuado en instalaciones similares.

#### 3.1. Los equipos hidráulicos

- El uso de materiales metálicos, en concreto en tuberías, permite mejorar la robustez de las instalaciones. Sin embargo, en aquellas instalaciones con alta presencia de elementos reductores, como son las estaciones cercanas a ambientes marinos, se recomienda el uso de materiales plásticos.
- Los elementos internos de válvulas, tuberías y accesorios, así como sus recubrimientos externos, deben ser los más adecuados para soportar atmósferas agresivas. Esto nos permitirá alargar su vida útil.
- En las impulsiones, se sugiere el uso de válvulas de retención con mecanismo de bola, para evitar los atascos y desgastes que sufren las válvulas de clapetas debido a la obstrucción por trapos, hebras y similares.
- Si las alturas de bombeo no son muy pronunciadas, se recomienda el uso de bombas verticales en cámara húmeda y con elementos de corte en los impulsores que eviten atascamientos de fibras y similares.
- El colector de aspiración de los equipos de

bombeo deberá estar situado en el extremo opuesto de la llegada del agua en el pozo de bombeo. Esto permitirá alargar la vida de los componentes de la bomba y evitará que los sedimentos voluminosos puedan atascar la misma (en el caso de la no existencia del pozo de gruesos).

- Los equipos de desbaste (manual o automático) como las rejillas o los filtros automáticos, deberían llevar un seguimiento de limpieza semanal. Asimismo, en la entrada se sugiere siempre doble canal de desbaste, para que las tareas de mantenimiento de los equipos se realicen con la garantía suficiente de no afectar a los equipos de bombeo.



*Fotografía N° 3:  
Ubicación de grupo electrógeno y cuadros de fuerza y control.*

#### 3.2. Los cuadros-equipos eléctricos y de telecontrol

- El Centro de Control de Motores (CCM) debe estar en un cuarto independiente, donde no le afecte la atmósfera corrosiva que se genera dentro de la EBAR. Es conveniente que se ubiquen los equipos eléctricos y de telecontrol en dependencias diferentes a las estancias de los equipos y elementos hidráulicos.
- En los sistemas de arranque por nivel para las bombas, se propone el uso de sondas de nivel tipo pera, aptas para aguas residuales, ya que los pelos, madejas o fibras suelen enredarse

menos, y por tanto, los errores de control se minimizan.

- Se sugiere la instalación de cuadros estancos y con características iguales o superiores a IP-65, debido a que muchas EBAR suelen estar situadas en ubicaciones inundables.
- El cableado para caudalímetros, radios y sondas debería ser protegido para evitar problemas de ruidos/interferencias con el cableado eléctrico de fuerza.
- La instalación de PLC integrados para el control de los bombeos puede ser una ventaja en grandes instalaciones de bombeo. Sin embargo, en ubicaciones geográficas de complicado acceso o lejanía, debemos considerar que las averías pueden complicar y demorar el mantenimiento correctivo.
- Se propone que, en la medida de lo posible, las bandejas portacables para elementos de fuerza o control sean plásticas, para evitar desgaste por atmósferas corrosivas, y de recorrido aéreo, para evitar inundaciones fortuitas.
- Se deben instalar elementos de protección a los equipos de bombeo para evitar que los mismos trabajen en vacío debido a obstrucciones, generalmente originadas en la aspiración.

### 3.3. Los equipos de apoyo al mantenimiento/ averías

- Es muy necesario la instalación de puentes grúa y guías de elevación para facilitar el acceso a las bombas y a su reparación o mantenimiento. Con ello se pretende reducir los tiempos de duración de las intervenciones de las averías y mejorar las operaciones del personal de mantenimiento.
- Se sugiere planificar la limpieza, al menos dos veces al año, del pozo de bombeo y arquetas de rotura de carga. En estaciones de gran envergadura (caudales  $\geq 60 \text{ m}^3/\text{h}$ ) se aconseja aumentar la frecuencia de limpiezas.
- En las EBAR asociadas a sistemas de depuración estacionales, se sugiere planificar, al comienzo de las estaciones de alta carga, las

limpiezas y la puesta a punto de equipos de bombeo.

- En grandes instalaciones con grupos eléctricos de apoyo, con el objetivo de hacer las comprobaciones pertinentes frente a situaciones reales de corte o ausencia temporal de suministro eléctrico, se debe realizar la puesta en servicio y comprobación del mismo (simulando situaciones de avería), al menos 1 vez al mes.
- Se propone recubrir con tramex plásticos de seguridad los canales abiertos donde se ubican los equipos de desbaste. De esta forma, se degradan menos y el peso de los mismos es menor, mejorando, de este modo, la operatividad de los operarios de mantenimiento.

### 3.4. La obra civil

- Se recomienda que el vaso del pozo de bombeo (volumen  $\geq 15\text{m}^3$ ) tenga dos entradas superiores para poder ejecutar las limpiezas del vaso en condiciones de seguridad. De este modo, por una entrada se realizará la ventilación forzada y por la otra se podrá ejecutar la limpieza por la cuba o el personal entrenado.
- Se propone la instalación de relés que generen señales sobre elementos visuales como sirenas luminosas, que permitan detectar fallos de bombas o inundaciones en la cámara de bombeo, y alertar al personal, propio o ajeno, de problemas en la EBAR a su paso en las cercanías de la instalación.
- En instalaciones con presencia de olores, se sugiere hacer un estudio adecuado para la eliminación de los mismos. Los sistemas de desodorización y reducción mediante dosificación química, no tienen el mismo rendimiento si se trabaja en las cercanías de ambientes marinos que en estaciones de interior. Por tanto, su uso debe ser considerado de forma individual en cada instalación.
- Es muy recomendable que la instalación contemple la ejecución de aliviaderos en casos de rebose o inundación. Esta medida permitirá mejorar la vida de los equipos electromecánicos. Si esto no fuera posible, debería habilitarse otro depósito anexo para acumulación de

las aguas residuales mientras se soluciona la avería.

- Se propone el uso de materiales (en las ventanas, puertas y pinturas) que soporten trabajos en atmósferas agresivas.
- Se sugiere el uso de espacios ventilados, naturales o forzados, para mejorar los trabajos de mantenimiento y la seguridad intrínseca de los operarios.
- Se hace necesario el uso de vallado externo a la EBAR y una señalización adecuada que muestre las obligaciones de uso de EPI, peligros existentes y acceso restringido. Estas medidas están encaminadas a mejorar la seguridad pasiva y activa.

### 3.5. El personal de mantenimiento

Por último, y como cierre de este apartado, la gestión de una EBAR no sería nunca posible sin un equipo de operarios adecuado. En base a mi experiencia como técnico en este tipo de instalaciones, debo expresar mi reconocimiento a este colectivo.

Este grupo de profesionales especializados se enfrentan todos los días a lo que los demás (de forma consciente o inconsciente) desechamos por el saneamiento. Se exponen además, en su día a día, a cualquier tipo de sustancia de origen químico o biológico, de aspecto desagradable y a malos olores.

Por todo lo expuesto anteriormente, si queremos lograr una buena gestión de una EBAR, debemos realizar diseños adecuados para facilitar el trabajo, sin menospreciar la inversión económica. Pocos trabajos son tan necesarios como la depuración aunque, en la actualidad, están poco recompensados y mal reconocidos.

Por tanto, en relación al personal de las EBAR, se sugiere:

- Que el personal de mantenimiento reciba una formación continua en el uso correcto de los EPI (mascarillas, guantes, gafas, etc.) para garantizar el desarrollo de su trabajo en condiciones óptimas de seguridad. El control de vacunas debe ser prioritario para el personal

destacado en tareas de redes de saneamiento.

- El uso de detectores de gases personales cuando se realicen tareas de limpiezas de vasos o pozos de bombeo, y se recomienda que la actividad esté coordinada y planificada previamente. Si el espacio donde se deben realizar los trabajos se considera espacio confinado, se recomienda una formación específica para el personal de mantenimiento.
- La implementación minuciosa de un manual de visitas dentro de la instalación para reflejar, por escrito las incidencias de las operaciones realizadas en cada visita y las circunstancias anómalas en operación de la EBAR.
- El uso de cámaras fotográficas para recoger el estado de las instalaciones durante las visitas. De ese modo, podremos constatar los trabajos de mejora y defectos/desviaciones en la instalación.

## 4. CONCLUSIONES FINALES

Aunque la mayor parte de las ideas básicas del presente análisis han sido ya presentadas, se señalan, a modo de conclusión, algunos de los puntos que se consideran más significativos:

- Las EBAR son elementos esenciales en las redes de saneamiento y en el proceso de depuración.
- La información acumulada en diseños y explotaciones, son una herramienta que evoluciona, y como tal, no debemos considerar como definitivos los diseños y mejoras aplicadas en cualquier instalación.
- El uso de la mejor tecnología disponible no es sinónimo de fiabilidad y de eficiencia. El elemento clave de una EBAR, que nos permite lograr las metas propuestas para una buena gestión, es el personal de mantenimiento.

Por último, es evidente que el presente análisis puede ser ampliado para la detección de otros aspectos que puedan ser significativos. Así pues, la finalidad que persigue este artículo es generar en el lector la conciencia y la curiosidad por los procesos de depuración.

# Central Hidroeléctrica de El Hierro

Juan Manuel Quintero Gutiérrez

## Proyecto de Autoabastecimiento Energético

Consejero Delegado de Gorona del Viento El Hierro, S.A.  
Gerente del Consejo Insular de Aguas de El Hierro

**PRIMERA SUPERFICIE TERRESTRE AUTOSUFICIENTE DEL MUNDO MEDIANTE ENERGÍAS RENOVABLES.**

**G**orona del Viento El Hierro, S.A. es la empresa encargada de la promoción y ejecución de la Central Hidroeléctrica de El Hierro (Islas Canarias), proyecto de autoabastecimiento energético de la isla del Meridiano. Se trata de una sociedad, creada en 2004, compuesta por el Cabildo de El Hierro (60%), Endesa (30%) y el Instituto Tecnológico de Canarias (10%).

### 1. INTRODUCCIÓN

El proyecto surgió hace más de tres décadas con la creación, en Unelco, de un despacho de Energías Renovables destinado a analizar las condiciones que las Islas Canarias tenían para el autoabastecimiento. Ahí surgió la primera idea, en colaboración con el Cabildo de El Hierro.

Posteriormente se incorporó el Instituto Tecnológico de Canarias y se afianzó una idea que, indudablemente, tenía que pasar por el aprovechamiento eólico en el caso de El Hierro. Asimismo, la orografía insular daba lugar a pensar en el aprovechamiento hidráulico, por sus escarpadas pendientes.

La filosofía de funcionamiento de este proyecto se basa en el abastecimiento de la demanda eléctrica de la isla con fuentes renovables, garantizando la estabilidad de la red eléctrica. Para ello, se integra un parque eólico, un grupo de bombeo y una central hidroeléctrica. La combinación de ambas fuentes (eólica –

hidráulica) era, es y será el sistema compatible con la necesidad de garantizar la estabilidad de un sistema aislado.

El parque eólico realiza la captación y transformación de la energía eólica en energía eléctrica. Es capaz de suministrar energía eléctrica directamente a la red y, simultáneamente, alimentar a un grupo de bombeo que embalsa agua en un depósito elevado, como sistema de almacenamiento energético. Por tanto, el sistema hidráulico, funcionando como bombeo, hace de acumulador del excedente de energía; funcionando como generador, actúa como productor de energía eléctrica y regulador del sistema eléctrico en la isla. La central hidroeléctrica aprovecha así la energía potencial almacenada, garantizando el suministro eléctrico y la estabilidad de la red.

La central de motores diésel, que pertenece a la actual Central Térmica de Los Llanos, solamente entrará en casos excepcionales o de emergencia, cuando no haya ni viento ni agua suficiente para producir la energía demandada. La electricidad producida por esta central térmica, que actualmente abastece la isla, está sujeta al combustible que llega a ella en barco. Indirectamente, pero no menos importante, también se depende por tanto del exterior en cuanto al abastecimiento de agua potable (energía para el funcionamiento de la planta de desalación e impulsión del agua potable hasta la población).

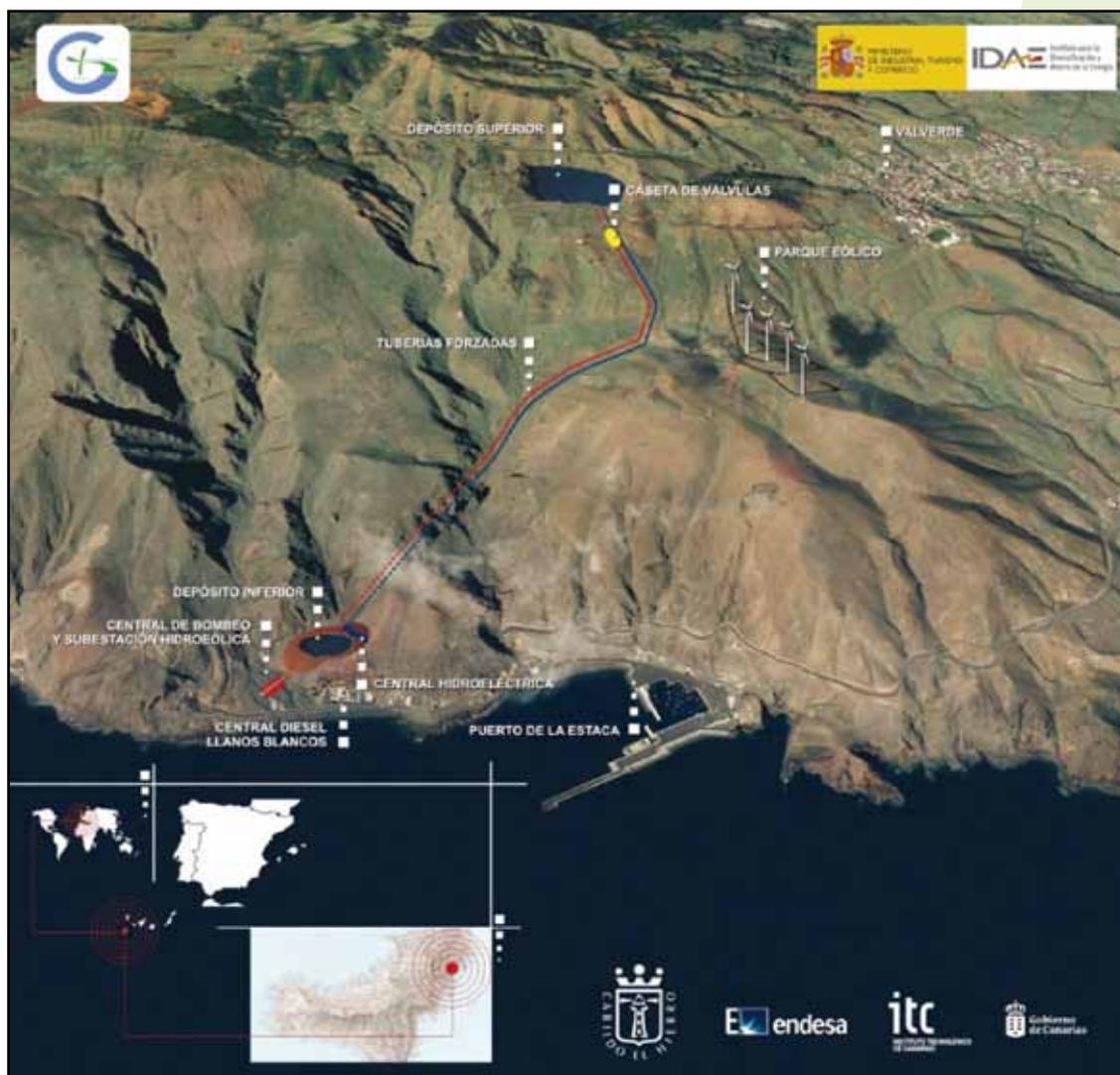


Figura N° 1: Ubicación de la Central Hidroeléctrica.

## 2. VENTAJAS Y APORTACIONES DEL PROYECTO

La Central Hidroeléctrica de El Hierro presenta numerosas ventajas medioambientales y económicas. Por enumerar algunas, podemos hablar de la no emisión a la atmósfera de 18.700 toneladas de CO<sub>2</sub> al año. Con este proyecto se evitará el consumo anual de 6.000 toneladas de diésel, equivalentes a 40.000 barriles de petróleo que tendrían que llegar importados y en barco a la isla, lo que se traduce en un ahorro de más de 1,8 millones de euros anuales.

Pero, además de todo ello, de los beneficios puramente energéticos, de la atracción turística a nivel científico, etcétera, debemos citar también el Plan Hidrológico de El Hierro, para el que este proyecto será vital. En El Hierro, como en el resto de Canarias, el temor a la sobreexplotación de los acuíferos insulares marca la actividad de

los gestores del mundo del agua. La puesta en marcha de sistemas de desalación es una de las vías asentadas para garantizar el abastecimiento de este bien a la población. La producción de agua en El Hierro consume del orden del 50% de la energía que se produce, lo que se traduce en “garantía de suministro eléctrico = garantía de abastecimiento de agua” con fuentes propias.

La generalización de las Renovables, así como la apuesta firme por el Desarrollo Sostenible, tiene que ver con las ventajas que aporta para frenar la sobreexplotación de los recursos naturales y la creciente contaminación del planeta.

Sin embargo, no podemos avanzar todo lo que quisiéramos en el campo de las renovables porque ellas mismas tienen sus limitaciones. En el caso de la eólica, estamos sujetos a la variabilidad del viento, a la fluctuancia de una fuente que no es constante, aunque sí predecible.

En los sistemas insulares, caracterizados como débiles, al no disponer de redes de transporte, no podemos penetrar al 100% con esta fuente, a no ser que dispongamos de un estabilizador de frecuencia que, en el caso de nuestra central, es el sistema hidráulico. El Plan Energético de Canarias así lo recoge, y las islas no pueden soportar una penetración mayor al 30% de Energía Eólica sin poner en riesgo la estabilidad del suministro. La población demanda y la generación ha de ser constante.

Red Eléctrica de España juega un papel fundamental en este hecho y podemos citarla como fuente, a la hora de afirmar que los sistemas de almacenamiento por bombeo son los únicos factibles, hasta ahora conocidos, tanto en los sistemas insulares como continentales, para conseguir una mayor penetración con eólica.

Así, la posibilidad de combinar varias fuentes, proporcionando una garantía de suministro constante, es el fuerte de este proyecto. Es, en este sentido, la condición que debe extrapolarse a otros territorios para poder conseguir una penetración mayor con las energías limpias.

Destacar que el autoabastecimiento está asegurado respecto a los datos de demanda de la isla. Tal y como recoge nuestro proyecto, “la demanda eléctrica en el año 2.005 fue de 35 GWh, y la potencia eléctrica actualmente instalada (Diésel) es de 11,36 MW. El ritmo de crecimiento actual de la demanda energética ha sido de un 8%; aunque se espera que se estabilice a corto plazo (3-5 años) en un 4% anual” (...) “La demanda eléctrica prevista para el diseño es 48 GWh/año en el año 2.015, basada en la planificación energética de Canarias PECAN 2006; no obstante, el dimensionamiento de la conducción de agua y los depósitos, debido a que no son ampliables de forma modular, se hará en base a la demanda prevista en el año 2.030. Asimismo la capacidad del depósito superior se verá incrementada para abastecer las necesidades de agua requeridas por la isla”.

Ahora mismo tenemos una demanda en hora punta de 7 MW, circunstancia que tiene que ver, en gran medida, con el abastecimiento de agua antes citado. Nosotros no sólo tenemos que analizar cuál es la demanda y, en base a ella, tomar las medidas necesarias. Estamos hablando de una Isla con 10.800 habitantes y unas

circunstancias que, con buena coordinación entre los organismos y campañas de éxito a la hora de orientar los hábitos de consumo y concienciación de la población, nos puede ayudar a aumentar el éxito que va a tener el proyecto.

Esto es hablar de una demanda gestionable, como en el caso de la producción de agua, sobre la que tenemos la potestad para decidir el momento y las formas.

Como uno de los trabajos de investigación más relevante que requiere este proyecto, como fase principal, el sistema eléctrico y de control, requiere también de importantes y fehacientes sistemas de predicción eólica.

Del proyecto, además, se desprende un beneficio directo para los ciudadanos de la isla. Como sabemos, la luz que pagamos los españoles responde a un sistema subvencionado que iguala el precio del kilovatio en El Hierro con el de Madrid, o con otro lugar de España. Sin embargo, hablamos de ventajas económicas para los herreños en tanto en cuanto Gorona del Viento es una sociedad con una mayoría de capital público (el 60% del Cabildo más el 10% del Gobierno de Canarias a través del ITC). Los beneficios obtenidos por la compañía revertirán satisfactoriamente en los herreños traduciéndose en inversión pública.

Por otra parte, como ya ha apuntado la Comisión Nacional de la Energía, en su trabajo para el establecimiento de un sistema tarifario especial para la novedosa energía Hidroeléctrica, la Central Hidroeléctrica supondrá un ahorro de 81 millones de euros en los próximos 20 años.

Es importante destacar también que por el sistema hidráulico circulará agua desalada, tanto por la vida útil de las máquinas, como por el cumplimiento de los condicionantes medioambientales. Así, otro de los beneficios que tendrá la Central es la disminución del coste de la desalación de agua, ya que ahora se realizará con energía renovable y más económica.

Gorona del Viento, para conseguir la Declaración de Impacto Ambiental, ha tenido que cumplir con una amplia lista de condicionantes de protección, tales como trasplantar y garantizar la conservación de las especies vegetales que se encontraban en las zonas afectadas por la

obra, modificar la ubicación del Parque Eólico unos metros, o construir una galería de 600 m como medida de protección de El Cardonal, catalogado como Lugar de Interés Comunitario. Sin todas estas medidas, consideramos que hubiera sido imposible obtener el permiso para elevar a 700 metros de altitud, a los que se sitúa el Depósito Superior, 380.000 m<sup>3</sup> de agua salada, considerando que pudiera producirse alguna filtración en el terreno y ello diera lugar a contaminación.

Continuando con el tema de las medidas de protección medioambiental, que han implicado la combinación en obra de numerosos profesionales de diferente índole, destaca, por ejemplo, el hallazgo de un yacimiento arqueológico en la ubicación del Parque Eólico, dando lugar a la paralización de la obra durante el tiempo que duró la investigación arqueológica, así como la posterior desviación del emplazamiento de uno de los aerogeneradores en corta medida.

En la obra, tanto de forma previa, analizando e identificando los posibles focos de afección, así como durante el transcurso de la ejecución, haciendo una vigilancia de novedades que pudieran producirse en cuanto a apariciones nuevas de restos arqueológicos, ha participado un equipo de arqueólogos y es así como se ha hallado el yacimiento que no estaba planteado en un principio. Se da la paradoja de que, si normalmente se piensa que las obras son enemigas de los yacimientos, en este caso, la obra ha dado la oportunidad de hacer un hallazgo nuevo e, incluso, estudiarlo con detenimiento.

Señalar que otra ventaja más de este proyecto está en el tema de la promoción turística. No promoción como isla de sol y playa o grandes hoteles que El Hierro no tiene. Nos referimos a la promoción como destino de interés científico, de respeto medioambiental de la belleza paisajística, de filosofía de desarrollo sostenible.

El interés, por ejemplo, mediático que ha tenido el proyecto nos ha dado la oportunidad de darnos a conocer en otros lugares en los que no se sabía ni dónde estaba Canarias ni dónde estaba El Hierro. Además de recibir

turistas, grupos de profesionales o particulares que se desplazan a la Isla para conocer la Central Hidroeléctrica, a nosotros nos ha abierto puertas de cara a desplazarnos al exterior y asistir a eventos relacionados con el campo de la sostenibilidad o las Renovables. Esto ha propiciado el intercambio de experiencias entre expertos que nos pueden ayudar a avanzar en otras materias en las que ya ponemos nuestros esfuerzos, como es el campo de la movilidad sostenible.

La Central Hidroeléctrica de El Hierro forma parte del proyecto "El Hierro 100% Energías Renovables" en el que los responsables son, no sólo las instituciones, sino también los ciudadanos. La eficiencia en la gestión energética está íntimamente ligada a la concienciación ciudadana y al ahorro. Por eso no hablamos sólo de producción de energía, sino que también hay que centrarse en el control de la demanda.

### 3. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA

La Central Hidroeléctrica de El Hierro consta de:

- **Depósito Superior** con capacidad para 380.000 m<sup>3</sup>.
- **Depósito Inferior** con capacidad útil de 150.000 m<sup>3</sup>.
- **Conducciones Forzadas.**
- **Central de Bombeo.**
- **Central de Turbinación.**
- **Parque Eólico.**
- **Subestación Eléctrica.**

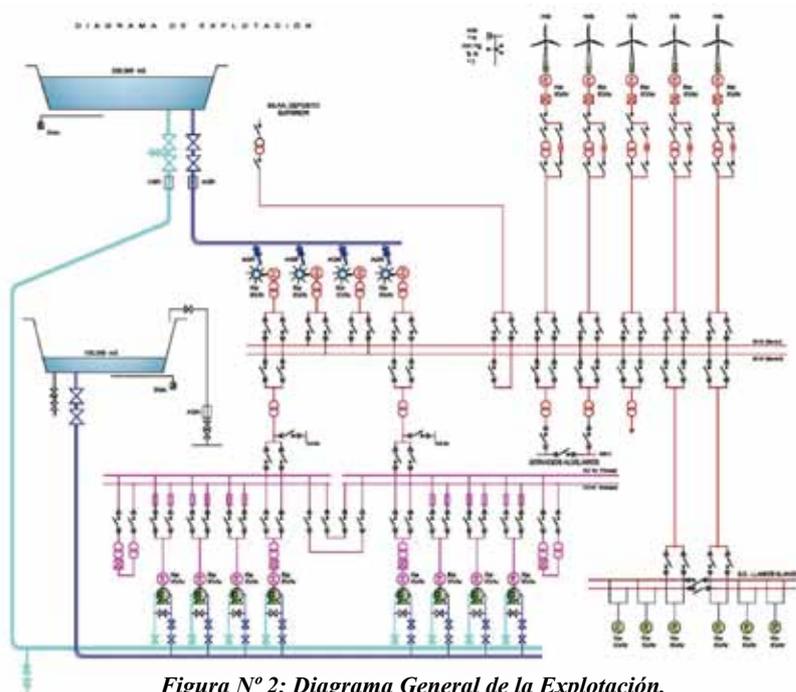


Figura N° 2: Diagrama General de la Explotación.

La Central de Bombeo comparte edificio con el centro de control de funcionamiento del conjunto de elementos del sistema.

#### 4. EL DEPÓSITO SUPERIOR

Ubicado en “La Caldera” del término municipal de Valverde, forma parte del sistema de almacenamiento de energía.

Características Principales:

- Geología: Caldera volcánica natural de hundimiento.
- Capacidad del depósito: 380.000 m<sup>3</sup> (agua desalada).
- Superficie de ocupación: 56.600 m<sup>2</sup>.
- Cota de coronación: 715 metros sobre el nivel del mar.
- Cota de fondo: 698 metros sobre el nivel del mar.
- Construcción: Compactación del fondo con precarga con “duna móvil”.
- Impermeabilización: Lámina geotextil, pvc 0,5 mm de espesor; lámina de geotextil, 15 cm tierra apiconada con tubos de sistema de drenaje; otra capa de geotextil y lámina de fondo definitiva que es de polietileno de alta densidad de 2 mm de espesor.



Fotografía N° 1:  
Construcción Depósito Superior y Detalle Impermeabilización.

- Desagüe y recarga: Tubería de acero de 1 y 0,8 m en galería por el fondo del depósito (150 metros).

- Medidas de protección medioambiental: Traslado de brezos macaronésicos, replantación de terraplenes y balizamiento de zona del ciprés.



Fotografía N° 2: Detalle Construcción Depósito Superior.

#### 5. EL DEPÓSITO INFERIOR

Situado en los Llanos Blancos, término municipal de Valverde, posee las siguientes características:

- Geología: Vaguada natural.
- Capacidad del depósito: 150.000 m<sup>3</sup> (agua desalada).
- Superficie de ocupación: 23.140 m<sup>2</sup>.
- Cota de coronación: 57 m.s.n.m.
- Cota de fondo: 43 m.s.n.m.
- Construcción: Compactación del fondo con precarga. Dique de cierre con materiales de la excavación.
- Impermeabilización: Geotextil, similar Depósito Superior.
- Desagüe de fondo: Tubería acero de 1 y 0,6 m bajo dique de cierre.
- Aliviadero: 10,4 m<sup>3</sup>/s.

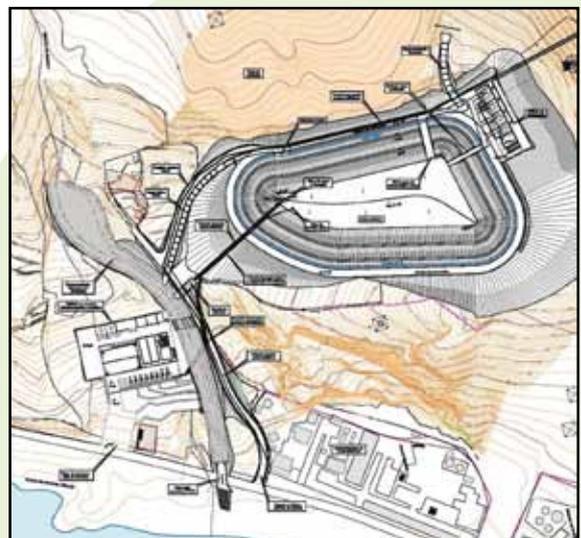


Figura N° 3: Implantación General Depósito Inferior.

- Medidas medioambientales: Traslado de cardones y tabaibas dulces a vivero provisional, revegetación de terraplenes y balizamiento de zona de cardonal.



Fotografía N° 3: Depósito Inferior y Estación de Turbinas.



Fotografía N° 4: Agua Balsa Inferior.

## 6. CONDUCCIONES FORZADAS

- Caída total de la tubería de aspiración: 637 m.
- Caída de red de la tubería de impulsión: 677 m.
- Área afectada: 30.000 m<sup>2</sup>.
- Tramo subterráneo para la protección de El Cardonal: 530 m.
- Conducción de canalización de bombeo 813 mm de diámetro, longitud: 2.940 m.



Fotografía N° 5: Detalle del Tramo Subterráneo de Conducciones Forzadas.

- Turbina: diámetro 1.016 mm, longitud: 2.577 m.
- Succión: diámetro 1.016 mm, longitud: 178 m.
- Material: acero. Montaje con radiografía.
- Medidas ambientales: realizar subterráneo de 530 m en el tramo afectado por la lechetrezná de Canarias, la replantación de la vegetación en taludes y señalización de zonas cercanas a lugares de interés étnico.



Fotografía N° 6: Detalle de la Instalación de Conducciones Forzadas.

## 7. CENTRAL DE BOMBEO

Ubicado en Llanos Blancos, se caracteriza por:

- Geología: Depósito coluvial sobre colada basáltica y escorias.
- Altura: 16 m.
- Superficie ocupada: 825 m<sup>2</sup>.
- Salto neto: 680 m.
- Caudal máximo: 705 L/s.
- 6 bombas horizontales de 680 m de altura neta (TDH) para un caudal de 210 m<sup>3</sup>/h. (Fabricadas en Argentina).
- 2 bombas horizontales de 680 m de altura neta (TDH) para un caudal de 640 m<sup>3</sup>/h. (Fabricadas en España).

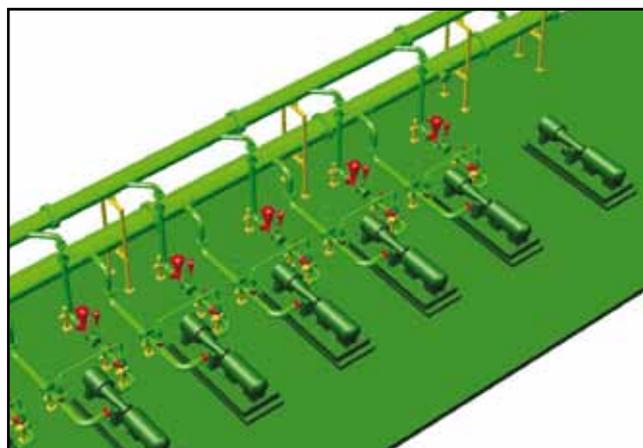


Figura N° 4: Esquema Bombas Horizontales.

- Potencia de las bombas: 2 x 1.500 kW + 6 x 500 kW = 6 MW. (Fabricante Flowserve).
- Ocho bastidores de los conjuntos bomba-motor y sus pernos de anclaje.
- Acoplamientos entre motor y bomba y sus guardas de protección.
- Instrumentación del bombeo.
- Pintura de protección contra la corrosión en el ambiente del emplazamiento.
- Motores (6+2) y auxiliares según especificación técnica: 2 x 1.600 kW + 6 x 600 kW, 3.000 rpm 6/0,69 kV con variadores de frecuencia. (Motores ABB fabricados en Helsinki).
- Cuatro variadores de velocidad.

### Características Constructivas

Cada bomba es de eje horizontal, de cámara partida y de varias etapas (rodetes) con una altura neta (TDH) de 680 m y las potencias especificadas anteriormente. Está prevista para soportar los esfuerzos causados por una inversión del sentido de circulación del agua, en caso de disparo del motor de la citada bomba. El nivel de vibración está de acuerdo con lo indicado en la UNE-EN 60994. Las velocidades críticas estarán un 25%, al menos, por encima de la velocidad de operación.

Están diseñadas de tal forma que resistan una velocidad en sentido contrario igual a un 125% de la especificada. Permiten inspeccionar o extraer el impulsor, eje, rodamientos, etc., sin necesidad de desmontar ni las tuberías de aspiración e impulsión, ni el motor. Se instalarán juntas de expansión, con rigidizadores, en la aspiración e impulsión de las bombas u otro diseño, para evitar esfuerzos adicionales sobre las bombas.

### Carcasa

La carcasa es de cámara partida axialmente y tiene una configuración que reduce las cargas radiales y mantiene una buena alimentación. Las bombas están diseñadas para permitir, como mínimo, la presión de prueba hidrostática correspondiente a la zona de impulsión.

Todas las bombas tienen aros de desgaste, del tipo "partidos", por ambos lados, reemplazables tanto el impulsor como la carcasa.

La bomba va conectada a la tubería mediante bridas, tanto en la aspiración como en la impulsión, de modo que permiten el montaje y

desmontaje de la misma, en caso de necesidad, sin tener que desmontar las tuberías de conexión a la bomba. Ambas tuberías tendrán la misma presión nominal de prueba y el mismo rating.

Los taladros estarán fresados en la parte posterior a la cara frontal de las bridas. Todas las bridas serán RF.

También deberá ser posible acceder a las cajas de cierres mecánicos, soportes de los cojinetes y a cualquier elemento interno de la bomba, siempre sin tocar ni la tubería de impulsión, ni la de aspiración.

### Rodete

El rodete se configuró de tal forma que se reducen los empujes axiales.

Las bombas son de compensación axial por balance hidráulico. Si todos los impulsores estuvieran en una misma dirección, el cojinete de empuje será de tipo oscilante y lubricación forzada.

Todas las superficies activas de los álabes serán cuidadosamente acabadas, con el fin de evitar cualquier discontinuidad del perfil hidráulico (huecos, depresiones, rugosidades y otras imperfecciones superficiales que puedan ser origen de erosiones y cavitaciones locales).

Los rodetes tendrán un espesor mínimo de 4 mm en todas sus zonas. Debe indicarse el sistema de ajuste de los rodetes al eje y el sistema de sellado de los rodetes de cada etapa.

El sentido de roscado de las tuercas de fijación de impulsores o rodamientos de empuje será tal, que tiendan a apretarse con el giro normal de la bomba.

La máxima excentricidad del conjunto rotativo, cuando estos elementos se encuentren montados en el eje y apoyados en la zona de cojinetes, no excederá de 0,05 mm para bombas de 1 a 5 rodetes; y de 0,08 mm para bombas de un número superior de rodetes.

### Cojinetes

La bomba está soportada por un cojinete radial y otro axial de guía y empuje, lubricados por aceite. Está concebido para permitir un desplazamiento axial del árbol que sea suficiente para la visita, montaje y desmontaje de las piezas móviles del

pivote y de la junta de estanqueidad, así como el desacoplamiento de los árboles. El cojinete está partido en el número mínimo de elementos que permiten su fácil desmontaje.

### Cierres mecánicos

Deberán funcionar con la presión positiva especificada tanto para la aspiración como para la impulsión. Deberán ser accesibles y desmontables sin tener que ser necesario que se desmonte el motor.

Todos los cierres mecánicos serán convertibles a cierres de empaquetadura. El cierre no permitirá ningún tipo de fuga y será lubricado y refrigerado por agua. El agua se tomará con la presión de la aspiración.

El diseño de la bomba y del cierre será tal, que la camisa y el cierre puedan ser extraídos de la bomba sin desmontar el conjunto rotativo o sin mover la bomba ni su motor. La distancia mínima del cierre al casquillo de fondo será de 3 mm. Se preferirán las cajas de los cierres de tipo cono invertido de gran capacidad. La inclinación mínima será 4 grados desde la tapa de cierre al fondo de la cámara, siendo ésta la máxima medida. La tapa del cierre mecánico dispone de una conexión para medir la presión en la caja del cierre durante la operación normal de la bomba.

### Eje de la bomba

El eje se diseña para funcionar con total seguridad y sin vibraciones dañinas, incluso a la velocidad máxima instantánea. El diámetro está definido de acuerdo con el constructor del motor,

al igual que la velocidad crítica del conjunto. Los cambios de sección se efectuarán a través de grandes radios. La velocidad crítica definida por el constructor, estará un 25%, al menos, por encima de la velocidad de operación.

Los ejes están provistos de camisas ajustadas a los mismos y construidas en materiales resistentes a la erosión y a la corrosión, sellados en ambos extremos para impedir el paso del líquido entre eje-camisa, e irán fijados al eje de modo que se evite su aflojamiento en caso de giro invertido y prefiriéndose que no se fijen mediante rosca.

Los casquillos centrales entre etapas serán de material diferente a la superficie rozante para evitar el gripado.

El diámetro del eje o camisa en la zona del cierre, es el adecuado para la adopción de cierres con medidas mecánicas.

### Acoplamiento

El acoplamiento entre la bomba y el motor es de tal forma que permite el desmontaje de los cojinetes, etc., sin necesidad de tener que desmontar ni la bomba ni el motor, debiendo disponer de espaciador.

### Equipos eléctricos

- Motores: Seis motores asíncronos de 500 kW, 6 kV, tipo jaula de ardilla, autoventilado por aire en circuito abierto, conforme al detalle recogido en la especificación de motores. Los motores dispondrán de un sistema auxiliar de



Fotografía N° 7: Motores de la Central de Bombeo.

arranque a través de variador de velocidad.

- Dos motores asíncronos de 1.500 kW, 0,69 kV, tipo jaula de ardilla, autoventilado por aire en circuito abierto, según la referida especificación de motores y en funcionamiento continuo a través de variador de velocidad.
- Sondas PT-100 para medición en devanados y cojinetes.
- Cojinetes preparados para poder hacer mediciones externas de vibración.
- Cajas de bornas independientes de fuerza, alimentación a resistencia de caldeo e instrumentación.
- Resistencia de caldeo.
- Cuatro variadores de velocidad y equipos asociados.

## 8. ESTACIÓN HIDROELÉCTRICA- CENTRAL DE TURBINACIÓN

Situado también en los Llanos Blancos, se caracteriza por:

- Geología: Depósito de piroclastos y escorias.
- Altura: 57 mts.
- Superficie ocupada: 740 m<sup>2</sup>.

### Descripción de los componentes

- Cuatro turbinas Pelton (Fabricante Andritz Hydro) de eje horizontal y para una variación entre 630 y 651 m de salto neto de diseño, y 670 m de salto bruto máximo, para un caudal máximo total de 2 m<sup>3</sup>/s (0,5 m<sup>3</sup>/s por turbina), 2.830 kW de potencia cada una (4 x 2,8 MW = 11,2 MW), incluyendo:
  - o Bastidor: de acero al carbono, de chapa soldada con recubrimiento interior de epoxi. Con la forma apropiada para dirigir el agua hacia el canal de fuga, dispondrá de una puerta de visita para permitir el acceso al foso de evacuación para inspeccionar la rueda y las agujas de los inyectores.
  - o Rodete: de acero inoxidable cromo-níquel (13% Cr, 4% Ni) y fundido en una sola pieza.
  - o Eje: de acero al carbono forjado.

- o Dispositivo de retención de fugas al paso del eje por la tapa del bastidor.
- o Cojinetes, rótulas y demás elementos susceptibles de desgaste: autolubricados y con recubrimiento anti-fricción.
- o Dispositivo indicador de la temperatura del aceite.
- o Dos PT-100 a 3 hilos, dobles, para transmitir al Scada (SCD) la temperatura del metal del cojinete y la del aceite por cada cojinete.
- o Sistema de regulación de la turbina:
  - Inyectores con el cuerpo de acero al carbono moldeado, agujas, toberas y ejes de agujas de acero inoxidable.



Fotografía N° 8: Inyector

- Deflectores de acero al carbono forjado y ejes de acero inoxidable.
- Acoplamiento con rueda o aro dentado y captador inductivo de velocidad, tornillos, bulones de unión del eje con el rodete asociado al medidor de velocidad de la turbina, todos los pernos, tuercas, arandelas de presión, placas de bloqueo y cubiertas de los pernos de la brida del eje.
- Cuatro reguladores de velocidad.
- Cuatro volantes de inercia que proporcionarán, a su grupo hidráulico, una constante de inercia no menor de 6 segundos.
- Sistema de aceite. Incluirá:
  - o Cuatro depósitos de aceite.
  - o Ocho grupos moto-bomba (dos por cada depósito, uno reserva del otro).
  - o Acumuladores con capacidad para dos maniobras completas.



Fotografía N° 9: Guardas de protección.

- o Resistencias de calentamiento de aceite con su correspondiente termostato de control y de seguridad.
- Sistema de refrigeración.
- Sistema de instrumentación de los grupos turbogeneradores.
- Cuatro válvulas de guarda: de tipo esférica, con apertura mediante accionamiento oleohidráulico y “tendencia natural al cierre”. A una presión de diseño, al menos, de 100 bares.
- Soportes, riostras, abrazaderas, anclajes, etc., para soportar y sujetar las tuberías y equipos.
- Aceite del tipo biodegradable mineral, de primer llenado.
- Apoyos, refuerzos, hierros de anclaje necesarios para mantener las piezas fijas durante las operaciones de hormigonado.
- Cuatro alternadores síncronos trifásicos (Fabricante: Alconza), con una potencia base unitaria de 3.300 kVA, tal y como se recoge en la especificación de alternadores.
- Acoplamiento entre turbinas, volante de inercia y alternadores, así como sus guardas de protección (Ver Fotografía N° 9).
- Herramientas, accesorios y equipos especiales para montaje y mantenimiento.
- Placas de Características e Identificación.
- Pintura de protección contra la corrosión en el ambiente del emplazamiento.

### Características del salto

Parámetros	Valores
Caudal nominal total	2 m <sup>3</sup> /s
Caudal nominal unitario (Q <sub>nominal unitario</sub> )	0,5 m <sup>3</sup> /s
Salto bruto (Hb)	670 - 640 m
Salto neto (Hn)	630 - 651 m
Cota máxima de nivel en depósito superior	715 m
Cota mínima de nivel del depósito inferior	44 m
Longitud de tubería forzada	2.350 m
Número de grupos	4
Potencia máxima de la central en barras (aprox.)	4 x 3,3 MVA = 13,2 MVA

## Configuración

Los cuatro grupos turbogeneradores forman parte del aprovechamiento hidroeléctrico que cuenta con una subestación de doble barra y doble interruptor embarrado en 20 kV. Cada grupo dispone de transformador elevador, que eleva la tensión de 6 kV a 20 kV.



Fotografía N° 10: Transformador eléctrico.

## Velocidad de embalamiento

La turbina y el alternador (especialmente los cojinetes) soportan la velocidad de embalamiento hasta que actúen los dispositivos de seguridad sin afectar adversamente la vida útil de los equipos o a la operación de la máquina. El tiempo de diseño mínimo es de 10 minutos.

## Sobrepresión

Se acepta una sobrepresión máxima del 20% en caso de cierre completo del inyector.

## Condiciones de funcionamiento

En el diseño de la Central Hidroeléctrica se hace necesario tener en cuenta una serie de condicionantes que dan a esta instalación de producción de energía eléctrica un carácter singular:

- Diagrama funcional: El Parque Eólico realiza la captación y transformación de la energía primaria en energía eléctrica. Los excedentes de energía eólica se almacenan en el depósito superior mediante la estación de bombeo. En periodos de bajo recurso eólico, se emplean las turbinas para cubrir la demanda.
- Sistema aislado con una baja potencia de cortocircuito: El grupo deberá soportar

los márgenes de variación de la velocidad indicados en esta especificación.

- Los grupos de turbogeneradores se emplearán a modo de compensador síncrono acoplado a la red, para lo cual se requieren un mínimo de 3 grupos acoplados y despachados con inyectores cerrados (compensador síncrono).

Se estima que el grupo opere como compensador síncrono durante un periodo equivalente a un 50% del total de horas anuales de explotación. Si se considera funcionamiento en modo generador, se estiman los siguientes niveles de carga con respecto al resto de horas anuales.

Nivel de carga (%)	Despacho medio anual (%)
20	35
40	40
60	20
80	3
100	2

Los grupos turbogeneradores resultan claves al dotar al sistema de unos servicios complementarios adecuados para responder con garantías a las distintas contingencias y/o desequilibrios generación-demanda, como consecuencia de disparos en generación, fluctuaciones en la producción eólica o maniobras de conexión y desconexión de bombas.

Cuando los grupos funcionen a mínimo técnico (inyectores cerrados) estarán preparados para dar potencia de una forma rápida en caso de ser necesario. Los grupos estarán diseñados para poder variar su potencia activa desde cero a su valor asignado, en un tiempo no superior a 5 s, sin que tengan un acortamiento de su vida esperada. Tanto la turbina como el alternador están preparados para funcionamiento como compensador síncrono, de modo que el grupo se encuentre acoplado a la red con inyectores cerrados.

La capacidad inercial de las turbinas acopladas a la red determina la pendiente o caída de la frecuencia (Hz/s) en los instantes posteriores a un desequilibrio instantáneo generación-demanda (habitualmente un disparo de un grupo, arranque directo de una bomba, etc.). La respuesta inercial corresponderá a todos los grupos acoplados en

proporción a la inercia asociada a cada máquina.

Si se produjera un desequilibrio, la frecuencia caería de manera inversamente proporcional a la energía cinética almacenada (la constante de inercia "H" de las máquinas conectadas a la red).

La recuperación de frecuencia dependerá de cómo aprovecha el grupo la potencia disponible en el sistema. Dicha capacidad puede medirse en términos de kW/s. El sistema hidráulico será capaz de suministrar más de 1.000 kW/s para sostener la frecuencia por encima de 48,5 Hz. La capacidad de la respuesta primaria (P/f) limitará las excursiones en frecuencia y reducirán el tiempo total de transitorios ante pérdida de un grupo.

Respecto a las turbinas, éstas son de doble inyector y eje horizontal.

Ésta deberá funcionar con la máxima variación de caudal posible. De forma general, las máquinas estarán proyectadas con un amplio margen de seguridad entre las velocidades críticas, la nominal de funcionamiento y de embalamiento.

La primera velocidad crítica será, por lo menos, un 20% superior a la máxima velocidad de embalamiento. Las máquinas están proyectadas con un coeficiente de seguridad, a la máxima velocidad de embalamiento, no inferior a 1,5 en base del límite elástico del material, y pueden soportar, juntamente con todos los elementos dicha velocidad en permanencia.

Una vez aplicados los diferentes coeficientes de seguridad y prueba, en ningún caso la tensión admisible de los componentes sometidos a presión de la turbina, será superior al 70% del límite elástico del material.

### Válvulas de guarda

Las válvulas (una válvula por turbina) se considerarán como elemento de aislamiento y seguridad dado su doble anillo de estanqueidad, por lo que está dimensionada ampliamente su resistencia mecánica.

Disponen de un by-pass automático para la apertura con presiones equilibradas, así como drenaje y tapa ciega de inspección dispuestos sobre un carrete embridado, incluyendo todas las

juntas necesarias, situado entre la tubería forzada de alimentación y la válvula de guarda.

Las válvulas (tanto el cuerpo como el obturador, anillo de estanqueidad, ejes, cojinetes, etc.) están proyectadas con un coeficiente de seguridad no inferior a 1,5 en base del límite elástico del material.

Una vez aplicados los diferentes coeficientes de seguridad y de prueba, en ningún caso la tensión admisible de los componentes de la válvula será superior al 70% del límite elástico del material.

Los componentes principales de las válvulas son:

- Cuerpo de acero moldeado.
- Obturador de acero moldeado.
- Gorriones, asientos en acero inoxidable.
- Dispositivo de doble estanqueidad.
- Accionamiento mediante cilindro oleohidráulico y cierre por contrapeso, garantizado a  $Q_{máx.}$
- Vástago de acero inoxidable.
- By-pass con el fin de igualar presiones a ambos lados de la válvula. Dispondrá de una válvula automática y otra válvula manual.



Fotografía N° 11: Grupo oleohidráulico.

- Manguito de desmontaje a la tubería forzada con brida deslizando inmediatamente aguas abajo de la válvula principal.
- Manguito de unión a la tubería forzada.
- Dispositivo manual de enclavamiento de los accionamientos para evitar una apertura imprevista en caso de revisión y mantenimiento.
- Placas de cimentación, anclajes, bulones, etc.
- Dispositivos de maniobra y regulación.

El aceite de regulación de cada válvula de guarda y de la válvula de su by-pass, proviene del correspondiente grupo oleohidráulico que alimenta el sistema de regulación de cada una de las turbinas (inyectores). (Ver Fotografía N° 11)

### Rodete

Se asegura al eje de la turbina o del alternador según sea el diseño propuesto y se permitirá efectuar reparaciones por medio de soldadura (Ver fotografía N° 12).

Todas las superficies activas accesibles del rodete, filos y superficies interiores de los álabes, serán cuidadosamente pulidas para eliminar picaduras, hundimientos, rugosidades, grietas, fisuras, sopladuras, inclusiones de arena y otros daños superficiales que pueden causar desgaste prematuro y cavitación local.

Cuando el rodete ha sido mecanizado, éste será cuidadosamente equilibrado estática y dinámicamente, y completamente ensamblado



*Fotografía N° 12: Rodetes.*

con el eje antes de dejar los talleres de fabricación.

El desmontaje del rodete para tareas de mantenimiento deberá ser posible sin desmantelar el alternador. Como se ha dicho anteriormente, el rodete será de acero inoxidable cromo-níquel (13% Cr, 4% Ni) y fundido en una sola pieza.

Este metal será perfectamente soldable mediante arco eléctrico, con electrodos cuya composición se fijará de acuerdo con la composición del metal de base.

Las partes activas del rodete serán cuidadosamente mecanizadas mediante muela y pulidora.

### Mecanismos de regulación. Inyectores y deflectores

El mecanismo de regulación está previsto para regulación doble, es decir, regulación combinada de las agujas de los inyectores y de los deflectores, mandada por el regulador de la turbina. (Ver Fotografía N° 13).



*Fotografía N° 13: Mecanismo de regulación.*

Los inyectores tienen el cuerpo de acero al carbono moldeado. Las agujas, toberas y ejes de agujas son de acero inoxidable resistente a la abrasión. Dispondrán de servomotor independiente de simple efecto para la apertura (por aceite) y cierre por muelle.

Los deflectores son de acero al carbono forjado, con sus ejes de acero inoxidable. Disponen de servomotor independiente de simple efecto con muelle antagonista.

Todos estos elementos serán alisados y pulidos,

desmontables, reemplazables e intercambiables. Se instalarán orificios de restricción en las tomas de los reguladores para evitar que, durante la explotación y por una mala operación, sea posible cambiar la ley de cierre.

### Eje de la Turbina

El eje de acero al carbono forjado, mecanizado a presión en toda su extensión y libre de fallas dañinas y defectos. El eje tiene forma conservadora para asegurar su operación sin peligro hasta la velocidad de embalamiento sin vibraciones dañinas. (Ver Fotografía N° 14).

Está incluido un acoplamiento con rueda o aro dentado para la captación de velocidad, los tornillos y bulones de unión del eje con el rodete que estará asociado al medidor de velocidad de la turbina.



Fotografía N° 14: Ejes turbina.

### Cojinetes

El diseño de los cojinetes permite un desplazamiento axial adecuado del eje, para inspección, montaje y desmontaje del cojinete de empuje móvil y los componentes del sello, y una desconexión de la unión espigada entre las bridas de la turbina y del alternador.

### Sistema de regulación de velocidad

Las turbinas disponen de un sistema completo de regulación, formado por un equipo regulador de tipo electrónico, preferentemente de acción PID; un equipo de medida de la velocidad, formado preferentemente por un captador inductivo con su correspondiente corona dentada solidaria al

eje de la turbina y su fuente de alimentación. Este equipo informa de la velocidad de la turbina en cada momento.

El regulador de velocidad está diseñado para asegurar las siguientes operaciones:

- Arranque manual por operaciones separadas.
- Arranque semi-automático por sucesivas operaciones.
- Arranque automático.

Todas las operaciones (arranque manual, semi-automático y automático), se realizarán siempre a través del SCD, manteniendo incluso en modo manual todas las protecciones activadas, protecciones que se gestionan desde el SCD.

Los grupos deben soportar, como mínimo, excursiones de tensión superiores a  $\pm 10\%$  y del  $\pm 5\%$  en frecuencia, en bornes de la alimentación. Todos los indicadores y equipos de monitorización estarán integrados en la cara frontal del panel de control del cubículo del regulador. Todos los equipos y dispositivos serán fácilmente accesibles para el ajuste y mantenimiento a través de accesos apropiados.

El regulador de velocidad incluye, entre otras, las siguientes funcionalidades:

#### a) Controles manuales:

- Control de apertura y cierre de los deflectores.
- Control de límite de apertura.
- Control Carga/velocidad.
- Control de arranque y parada de la bomba de aceite.
- Control de parada de emergencia.

#### b) Dispositivos de monitoreo:

- Indicadores de posición de apertura (local y remoto).
- Indicador de posición del control Carga / Velocidad.
- Indicador de velocidad.
- Indicador de posición de los deflectores (abierto-cerrado).
- Indicador de presión de aceite.

Así mismo, será posible ajustar el regulador de velocidad desde el SCD, atendiendo al número de grupos turbogeneradores acoplados

a la red con unos márgenes de ajuste amplios para aprovechar toda la capacidad disponible en el circuito hidráulico que no será inferior a 1.000 kW/s y podría llegar a los 1.500 kW/s. El sistema de regulación de velocidad deberá ajustar los tiempos de apertura de inyectores y servomecanismos asociados para no superar el umbral de diseño soportado por la conducción forzada.

El sistema de regulación de cada turbina deberá ser capaz de tomar carga de la tubería desde el mínimo técnico (inyectores de turbina cerrados) a plena carga en un tiempo inferior a 5 segundos (se valorarán tiempos inferiores de hasta 2,5 segundos).

El mínimo técnico se corresponde con un modo de operación del grupo hidráulico que actuaría como compensador síncrono. En este escenario, el grupo estaría acoplado a la red, absorbiendo potencia activa de la red exterior para cubrir las pérdidas y los inyectores de la turbina estarían cerrados totalmente.

### Sistema de refrigeración

Se incluye un sistema de refrigeración para cada uno de los grupos turbogeneradores que incluya todos los equipos, tuberías, válvulas y accesorios necesarios para garantizar su correcto funcionamiento.

Las bombas operarán normalmente de forma automática con control de caudal del agua de refrigeración, pero también se deberá permitir la operación manual-local para realizar labores de mantenimiento.

Los distintos consumidores de agua de refrigeración del grupo se alimentarán desde un colector común. Igualmente, se preverá una salida para los consumos de agua de servicio desde este colector.

El sistema dispondrá de los elementos de control para el funcionamiento automático, tal como válvulas automáticas, indicadores de circulación, detectores, etc., así como las válvulas manuales para mantenimiento en los puntos necesarios.

### Intercambiabilidad

Las piezas homologadas de cada grupo son

intercambiables.

Las piezas sometidas normalmente en el curso de la explotación a sustitución por desgaste o fatiga (laberintos, pistas de deslizamiento, etc.), deberán poder reemplazarse por una pieza idéntica tomada del almacén.

## 9. EL PARQUE EÓLICO

### Características principales:

- Situación: Laderas de Afotasa, en el término municipal de Valverde.
- Geología: Depósito de piroclastos estratificados y escorias.
- Altura media: 510 m.s.n.m.
- Superficie ocupada: 27.000 m<sup>2</sup>.
- Potencia del parque: 5 x 2,3 MW = 11,5 MW.
- Aerogenerador: ENERCON E-70 2,3 MW.
- Altura de buje: 64 m.
- Sin multiplicadora, velocidad variable, control de pitch.
- Generador síncrono de acoplamiento directo.
- Conexión a red con convertidores full converter.
- ENERCON Scada con control.
- Medidas medioambientales: Reducción de la distancia entre aerogeneradores para minimizar la superficie de afección. Trasladar las vías y plataformas de servicio a la vertiente Sur de la montaña. Reducción de afección de terraplenes y revegetación de los mismos.

### Características ENERCON E70

- Potencia nominal: 2.300 kW.
- Diámetro del rotor: 71 m.
- La altura del buje: 64 m.
- Zona de Viento (DIBt): WZ III.
- Clase de viento (IEC): IEC / NVN IA und IEC / NVN IIA.
- Concepto de la turbina: Sin multiplicadora, velocidad variable, ajuste de una sola hoja.

### Rotor:

- Tipo: Rotor a barlovento con control de tono activo.
- Sentido de giro: Hacia la derecha.
- N ° de palas: 3.
- Área de barrido: 3,959 m<sup>2</sup>.
- Material de la hoja: Fibra de vidrio (resina epoxi), protección contra rayos integrada.
- Velocidad de rotación: 6 variables, 21,5 rpm.



Fotografía N° 15: Ubicación de los aerogeneradores en las laderas de Afotasa.

- Control de paso: ENERCON; único sistema de paso de la pala, un sistema de paso independiente por cada pala del rotor con el suministro de emergencia asignados.

**Generador:**

- Hub: Rígido.
- Rodamiento principal: De dos hileras de rodillos cónicos / rodamientos de una hilera de rodillos cilíndricos.
- Generador: ENERCON de accionamiento directo generador en anilla.
- Inyección a la red: ENERCON inversor.
- Sistemas de frenos: 3 sistemas independientes

de control de paso con suministro eléctrico de emergencia, freno del rotor, bloqueo del rotor.

- Mando de guiñada: Activo mediante motores de ajuste, dependiente de la carga de amortiguación.
- Corte velocidad del viento: 28 - 34 m/s (con control de ráfagas ENERCON).
- Monitoreo remoto: ENERCON SCADA.

**10. DIFICULTADES DEL PROYECTO**

Dificultades como tal, hay muchas, pero las llamaríamos novedades, necesidades de aportar soluciones a unas condiciones especiales, como son las de la Isla.



Fotografía N° 16: Aspa de ENERCON E-70.



Fotografía N° 17: Producción Aerogeneradores ENERCON.

El proyecto de innovación en sí, está lleno de hándicaps que hemos superado con creces durante el diseño del mismo. Pero a ello sumamos, por ejemplo, durante el transcurso de la obra, la confrontación entre la magnitud de las fases a ejecutar, del conjunto del sistema, y las limitadas infraestructuras insulares en comparación con esa dimensión.

Actualmente, por ejemplo, estamos trabajando en el Parque Eólico con la llegada y transporte de los elementos de los aerogeneradores. Son máquinas que miden más de 60 metros de altura, a lo que sumamos los 35 metros de las palas. Además, el peso que, en algunas piezas, supera también las 55 toneladas. Para realizar la operación de descarga de todo este material, llegado desde Alemania, se ha hecho necesario contar con grúas de 100 toneladas y trailers de 40 metros de largo, debido a las grandes dimensiones de las piezas. Ha sido transportado desde el Puerto de La Estaca hasta la ubicación del Parque Eólico (en Afotasa) después de haber hecho un exhaustivo plan de transporte para sortear dificultades de carreteras singulares: curvas cerradas, cambios de rasante, cableado, etcétera. Por ejemplo, en la carretera de acceso al Parque Eólico, hemos tenido que hacer modificaciones tales como: derribar temporalmente un muro anexo al Instituto de Valverde, así como ampliar el trazado de la vía para que puedan circular los trailers de más de 40 metros de longitud.

Al mismo tiempo, no se dispone en El Hierro, ni tampoco en Canarias, de grúas capaces de elevar algunos elementos del Parque, como son las aspas, que se izan ya montadas en el buje y para lo que hace falta una grúa capaz de soportar muchas toneladas.

## 11. INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Como sabemos, los Parques Eólicos no son nuevos, tampoco lo son los sistemas hidráulicos y algunas de estas tecnologías tienen más de 100 años. No obstante, el sistema eléctrico de este proyecto, el que va a capacitar que la Central Hidroeléctrica genere un suministro constante, a pesar de tratarse de energías alternativas y fluctuantes, es el punto de innovación del mismo.

Se puede cifrar en más de 300 ingenieros los que han estado o están involucrados desde el

punto de vista civil e industrial. Específicamente, en Gorona del Viento trabaja un amplio equipo técnico multidisciplinar, apoyado por servicios de ingeniería. Cabe destacar también, en este punto, al Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, IDAE, que no sólo ha aportado del Estado 35 millones de euros a este proyecto, sino que ha estado y está presente en la ejecución de la obra y la asistencia técnica ha sido fundamental de cara a la avance del proyecto que está a punto de convertirse en una realidad.

## 12. LA CENTRAL HIDROEÓLICA Y LOS CENTROS DE INVESTIGACIÓN

El Instituto Tecnológico de Canarias, como socio del proyecto, participa en él desde su fase de prediseño. Coincidimos en que Canarias está haciendo una gran apuesta por la investigación con la puesta en marcha de distintos centros tecnológicos.

Tanto a nivel científico, como a nivel turístico, debemos aprovechar las numerosas condiciones que nos brindan las islas para promocionar a los investigadores, para exponer Canarias como una comunidad de interés científico sumando las renovables, a la astrofísica y otras muchas vertientes en las que somos destacables.

En este sentido, se debe hacer un mayor esfuerzo en la implicación de las universidades canarias en esta materia. Los estudiantes tienen un amplio campo de prácticas en los proyectos que se están poniendo en marcha en las islas. Al mismo tiempo, las investigaciones universitarias, también tienen la oportunidad de desarrollo en las empresas y centros de investigación de Canarias, y aquí falta un punto de unión.

Desde Gorona del Viento creemos en la formación como fuente de progreso futuro. Así, la empresa mantiene un convenio con la Consejería de Educación del Gobierno de Canarias para la implantación en El Hierro de un ciclo de Instalaciones Electrotécnicas. A este convenio, Gorona brinda lo necesario para que los alumnos consigan una formación práctica de calidad y, en este caso concreto, orientada hacia el sector que se desarrolla y afianza en el Hierro, las Renovables. También, durante este año, hemos acogido a tres estudiantes de Formación Profesional de Alemania, en periodo de prácticas.

# Sistemas Hidráulicos Mantenimiento del Fluido



Miguel Carrasco de Miguel

Director Técnico Eyser Hidráulica  
Profesor IES Marítimo Pesquero de Las Palmas

## 1. INTRODUCCIÓN

**U**n sistema hidráulico transmite potencia entre dos puntos situados a cierta distancia, generalmente poca, utilizando para ello un fluido incompresible. Dicho fluido suele ser aceite mineral con aditivos que mejoran sus propiedades y le faculta para cumplir además otras funciones en el sistema:

- Lubrica y refrigera las piezas móviles.
- Aumenta la vida útil de los elementos sometidos a rozamiento, gracias a sus propiedades lubricantes y a los aditivos anti-desgaste.
- Protege de la oxidación a los elementos metálicos.
- Disipa el aire que haya podido entrar en la instalación y neutraliza la presencia de agua, en pequeñas cantidades, gracias a los aditivos desespumantes y anti-emulsionantes.

Es, por tanto, razonable pensar que cualquier intervención destinada al mantenimiento del sistema hidráulico ha de otorgar un especial protagonismo al estado del fluido hidráulico. Hay estudios que demuestran que, al menos, siete de cada diez averías sufridas por los sistemas hidráulicos están provocadas por el mal estado del fluido.

## 2. ESTADO DEL FLUIDO

La elección del fluido hidráulico ha de satisfacer los requerimientos del más exigente de los componentes de nuestra instalación, que en la mayoría de los casos es la bomba. Estamos obli-

gados a vigilar que las propiedades del fluido permanezcan inalteradas a lo largo de su vida útil. El análisis profundo de las propiedades del fluido está fuera de nuestro alcance, salvo que acudamos a un laboratorio especializado. Pero existen algunos factores que podemos valorar mediante observación directa, y que pueden revelar la existencia de algún problema. Estos pueden ser el color, la transparencia, el olor, la presencia de espuma, sólidos en suspensión, la temperatura de funcionamiento, etc.

Existen dos causas fundamentales que conducen al deterioro del fluido hidráulico: el envejecimiento y la contaminación.

Todo fluido hidráulico está sometido a un inevitable proceso de envejecimiento que acabará alterando sus propiedades físicas y químicas, hasta el punto de dejarlo inservible. Esta situación requiere la sustitución inmediata de la totalidad del fluido. No podemos evitar el envejecimiento de los fluidos hidráulicos, pero sí retrasarlo y aumentar así su vida útil.

Por contaminación entendemos la incorporación al fluido de sustancias ajenas al mismo. Estas pueden ser sólidas, líquidas o gaseosas, y su procedencia puede ser externa o también tener su origen en el propio sistema.

## 3. ¿CÓMO LLEGA LA CONTAMINACIÓN AL FLUIDO?

Como ya dijimos, esta puede proceder tanto del exterior como del propio sistema.



Figura 1: Contaminación por causas internas.

### Contaminación por causas internas

- Partículas originadas por desgaste de los componentes de la instalación. Son partículas generalmente metálicas que se han desprendido de las piezas por efecto de la abrasión, la erosión y la cavitación.
- Restos de juntas y guías de deslizamiento. Son trozos de material sintético procedentes de la rotura y desgaste de las juntas y guías de deslizamiento.
- Restos de soldaduras y cortes de tuberías. Estos se desprenden, sobre todo, en las primeras horas de funcionamiento del sistema y después de alguna reparación. Proceden de la fabricación de las piezas y los trabajos de montaje.
- Restos de combustión por efecto Diesel. En un motor Diesel, el aire encerrado en los cilindros es comprimido enérgicamente con lo que su temperatura se eleva lo suficiente como para inflamar el combustible introducido en el cilindro. Esto mismo puede ocurrir cuando una burbuja de aire queda atrapada en el fluido hidráulico y éste se ve sometido a una elevación brusca de la presión. El vapor de aceite mezclado con el aire caliente de la burbuja se quema. La temperatura en estas burbujas puede superar los 2.000°C por lo que, además de

quemar el aceite, pueden carbonizar las juntas que se encuentren próximas.

### Contaminación por causas externas

- Partículas sólidas contenidas en el fluido nuevo. El fluido extraído de recipientes nuevos puede contener concentraciones de partículas 20 veces más altas que las toleradas por el sistema.
- Medios de trasvase de fluido inadecuados. Cuando se hace reposición de fluido utilizando recipientes sucios para extraer el fluido de los bidones e introducirlo en el depósito, se puede contaminar con sólidos y con otros fluidos. Esto suele ocurrir, sobre todo, en trabajos de campo.
- Respiradero del depósito sin filtro. Durante el funcionamiento de la instalación se producen frecuentes variaciones en el nivel del depósito de fluido. El aire que entra cuando baja el nivel puede arrastrar partículas sólidas del ambiente que acabarán en el fluido.
- Intercambiadores de calor agua-aceite. Un enfriador defectuoso puede dejar pasar algo de agua de refrigeración hacia el lado del fluido.
- Condensaciones de agua en el depósito. El aire que entra en el depósito cuando hay varia-

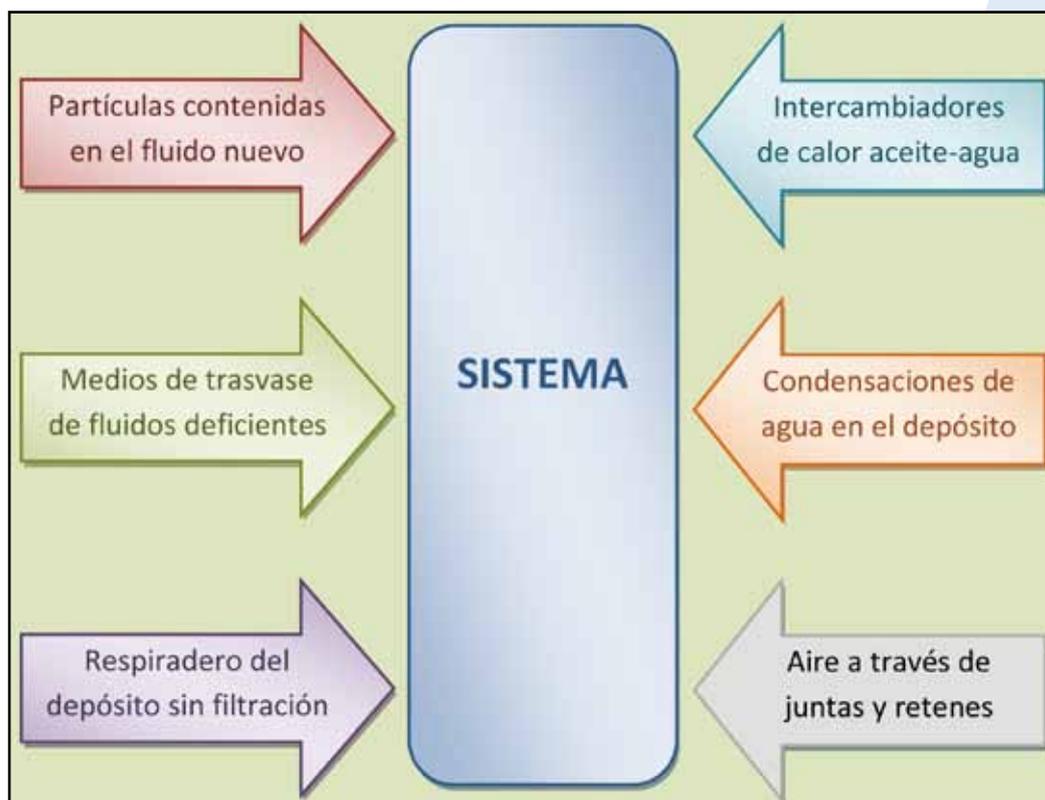


Figura 2: Contaminación por causas externas.

ciones de nivel contiene humedad. Ésta puede condensarse formando gotas de rocío en las paredes del tanque que se mezclarán con el fluido.

- Aire a través de juntas y retenes. En determinadas circunstancias la presión en ciertos puntos de la instalación puede caer por debajo de la atmosférica. Si las juntas y retenes no prevén esta circunstancia o están en mal estado, el aire entrará en la instalación mezclándose con el fluido.

#### 4. EFECTOS QUE PROVOCAN LOS CONTAMINANTES

La presencia de contaminación en el fluido no solo perjudica a los componentes de la instalación, sino que además afecta al propio fluido acelerando su envejecimiento. Algunos de los aditivos que contiene el fluido son sensibles a los contaminantes, pudiendo llegar a perder sus propiedades en poco tiempo.

##### Partículas sólidas duras

Las partículas metálicas o minerales que contiene el fluido hidráulico aceleran el desgaste de los componentes de la instalación. No podemos

evitar la presencia de partículas sólidas en el fluido, pero sí podemos limitar su número y su tamaño. Cuando el tamaño de las partículas es igual o mayor que la holgura entre las piezas que deslizan entre sí, se producirán abrasiones que acelerarán el desgaste de las piezas y, además, añadirán más partículas contaminantes al sistema.

Asimismo, las partículas son arrastradas por la corriente de fluido, golpeándolas a gran velocidad contra las piezas y las juntas, produciendo daños por erosión.

##### Partículas sólidas blandas

Son materiales sintéticos que se desprenden de las juntas y las guías de deslizamiento. Al ser de baja dureza no producen desgaste pero sí pueden llegar a obstruir conductos estrechos y válvulas.

##### Agua

Los aceites utilizados como fluido hidráulico admiten pequeñas cantidades de agua disuelta hasta alcanzar la saturación en torno a las 300 ppm. Esto es muy poco, ya que un contenido en agua del 1% en volumen equivale a 10.000 ppm.

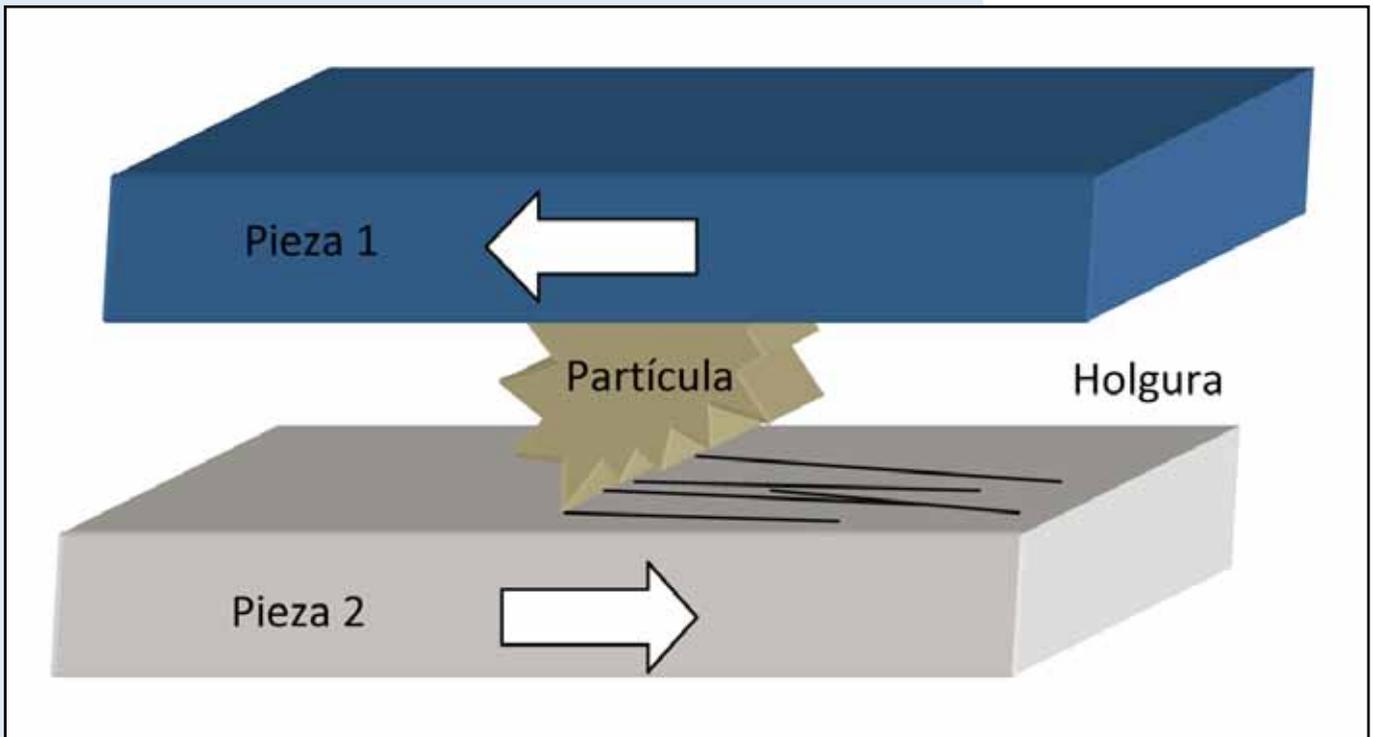


Figura 3.

El agua elimina algunos de los aditivos que contienen los aceites y reacciona con otros formando residuos sólidos. Reduce las propiedades lubricantes, disminuye la capacidad de filtración del aceite y daña los filtros. Además aumenta las posibilidades de que se produzca cavitación y contaminación por aire.

### Aire

El aire contenido en el fluido hace que aumente su compresibilidad afectando al rendimiento volumétrico del sistema. Además, si el fluido hidráulico es aceite mineral, se puede producir efecto Diesel.

El efecto Diesel produce residuos por la combustión del aceite y de las juntas, y acelera el envejecimiento del aceite.

## 5. MEDIOS PARA COMBATIR LA CONTAMINACIÓN

### Contaminación por Sólidos

La única forma de eliminar las partículas sólidas contenidas en el fluido es mediante un sistema de filtración adecuado. Los filtros han de contar con un indicador de colmatado que nos avise

cuando el elemento filtrante está saturado y debe ser cambiado. Contar con un sistema de filtración eficaz, y mantenerlo en correcto estado de funcionamiento, es una de las claves para maximizar la vida útil de nuestro sistema.

La prevención es también un factor importante. En la Figura N<sup>o</sup>4, se propone un sistema para evitar la contaminación durante las reposiciones de fluido, utilizando el propio filtro de la instalación. Consiste en introducir el fluido en la línea de retorno a través de una conexión habilitada para ello, de esta forma le obligamos a pasar por el filtro antes de entrar en el depósito.

### Contaminación por Agua

Existen filtros para aceite y el aire del depósito que contienen sustancias activas para retener la humedad. También hay sistemas portátiles para separar el agua del aceite por destilación a baja temperatura. En la mayoría de los casos, lo más rentable es sustituir el aceite, una vez corregida la causa de la entrada de agua.

### Contaminación por Aire

Cuando se detecta la presencia de aire en el aceite lo primero es localizar el punto de entra-

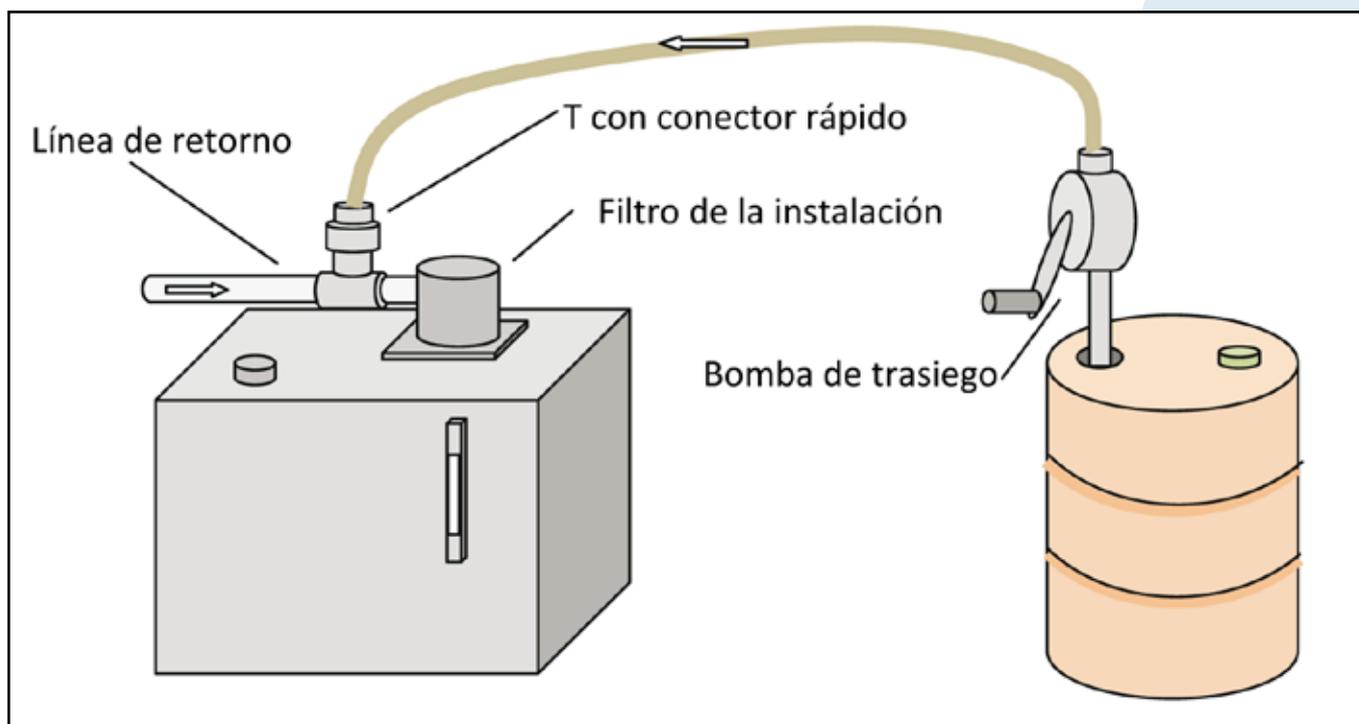


Figura 4.

da. Generalmente es el sello de la bomba, ya que ésta puede funcionar con normalidad a una presión en su interior algo menor a la atmosférica. Los cilindros hidráulicos, en maniobras de bajada en caída libre, pueden también generar bajas presiones en su interior y admitir aire, ya que las juntas de los cilindros están pensadas para evitar la salida del fluido, pero no la entrada de aire. Una vez eliminada la entrada de aire, el que pueda quedar todavía en el fluido, irá saliendo por el respiradero del depósito con el funcionamiento normal.

## 6. TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO

La temperatura de funcionamiento del fluido merece una mención especial por la influencia que tiene sobre la vida útil del sistema y del propio fluido.

El factor más importante que determina la elección del fluido para nuestra instalación es su viscosidad. Esta ha de responder a las exigencias de los componentes de nuestra instalación según las recomendaciones recogidas en los catálogos de los respectivos fabricantes. El fabricante del fluido elegido nos anuncia su viscosidad cuando su temperatura es de 40°C, por lo tanto, tendremos circulando por nuestra instalación un fluido de la viscosidad elegida únicamente cuando su temperatura sea de 40°C. Por ejemplo, un fluido

ISO VG46 de marca reconocida tiene una viscosidad de 46 cSt, a 40°C, mientras que a 100°C su viscosidad será de solo 7,6 cSt. A temperaturas inferiores a 40°C, la viscosidad aumenta hasta valores admisibles únicamente durante unos pocos minutos de funcionamiento, en caso de arranque en frío, por el peligro de cavitación en la bomba. Viscosidades inferiores a 12 cSt, suponen lubricación deficiente y pérdidas de rendimiento por aumento de fugas internas.

Además, por cada 10°C que se incremente la temperatura de funcionamiento del fluido, se duplicará el ritmo de las reacciones químicas que contribuyen a su envejecimiento.

Téngase en cuenta también que las juntas dinámicas funcionan a una temperatura al menos 20°C superior a la del fluido, debido a la fricción. Como la mayoría de las juntas utilizadas en los sistemas hidráulicos solo admiten 100°C, será fácil superar esta temperatura si el fluido está muy caliente, con el consiguiente deterioro de las mismas.

En la medida de lo posible hay que mantener la temperatura de funcionamiento entre 40 y 60°C. Con esto conseguiremos alargar la vida útil de los componentes del sistema, de las juntas y del propio fluido hidráulico.

# Una Vuelta de Tuerca Más al TPM

Juan Ignacio Becerra Sánchez

Profesor y Consultor de TMI-ATISAE

**A**ctualmente en la industria en general, la complejidad de los equipos por un lado, y la necesidad de entregar a tiempo por otro, nos obliga a utilizar metodologías que nos ayuden a manejar nuestro proceso y que éste sea totalmente previsible. Henry Ford, cuando lanzó su primera línea de producción en cadena de automóviles, consiguió acercar un artículo de súper lujo al hombre corriente, pero con un condicionamiento, como él decía: *“cualquiera se puede comprar un Ford T, siempre que éste sea negro”*. Si analizamos esta frase, lo que sacamos en conclusión es que la forma de abaratar costes era haciendo un modelo estándar de vehículo. Esto ha cambiado sustancialmente. Actualmente los clientes exigen algo de exclusividad en lo que compran y que se adapte a sus gustos, por lo que los fabricantes tienen que diversificar sus

productos, incluso en una misma línea de producción. Para poder satisfacer al cliente tendría dos opciones:

- Una sería tener grandes inventarios de cada uno de los modelos, pero esto conlleva una serie de problemas:
  - Gran inmovilizado en producto que no puedo cobrar y que ya he pagado.
  - En el caso de tener un problema de calidad afectará a mucho producto en proceso.
  - Espacio para poder guardar ese inventario.
  - Personal para gestionarlo.
  - Peligro de obsolescencia.



Figura N° 1

- Por otro lado, me queda la opción de flexibilizar y fiabilizar al máximo mi proceso, de tal manera que pueda adaptarlo a las necesidades de mi cliente rápidamente.

De hecho, para medir como marcha la producción en una fábrica, usamos tres medibles a nivel de planta (a nivel de máquina o línea usamos el OEE (Overall Equipment Effectiveness)):

- BTS – Built to Schedule.
- Premium Freight.
- Over Head.

**BTS** es el acrónimo en inglés de “construido según lo programado”. Es una medida en porcentaje de la producción que se ha realizado con respecto a la que está programada. Penaliza tanto la falta como el exceso, tal y como se refleja en el ejemplo de la Figura N°1.

¿Por qué se penaliza el exceso de producción? Porque genero inventarios, con los problemas que ello conlleva, tal y como se ha descrito anteriormente. Analizando esto se le ve sentido a la famosa huelga a la japonesa. En plantas como las japonesas, donde el tiempo de suministro al cliente (lead time) es de 4 a 6 horas, las plantas no están preparadas con almacenes para guardar y controlar inventario, por lo que el exceso de producto las bloquea.

Otro de los medibles es el **Premium Freight**, que es la cantidad que gasto en enviar producto fuera de los cauces contratados, o sea, envíos urgentes.

**Over Head** es un saco donde se incluyen fundamentalmente las horas extras y el material que tiro como chatarra por mala fabricación.

Si una fábrica tiene un BTS del 100%, pero a costa de aumentar los costes de envíos urgentes y de horas extras, me indica que gasta más de lo presupuestado para poder satisfacer las necesidades de sus clientes. Puedo fabricar lo que me pide mi cliente sin gastar más de lo presupuestado en envíos urgentes, pero a costa de hacer la producción que me falta en horas extras. Ahora bien, si una fábrica cumple con los tres medibles, me indica que fabrica las

necesidades de sus clientes enviando a tiempo por los cauces normales y sin emplear más tiempo que el presupuestado.

Para poder manejar este escenario necesito que todo mi proceso sea completamente previsible. ¿Qué significa que un proceso sea previsible? Pues que sea fiable, seguro, de calidad, flexible..., o sea, que esté completamente controlado.

Para tener un proceso completamente controlado necesitamos herramientas de gestión que aseguren la fiabilidad en cada momento. Para conseguir esto disponemos, en los departamentos de Producción/Mantenimiento, de dos herramientas que combinadas nos dan una potente arma para luchar contra la inestabilidad. Me refiero al TPM y al RCM que, por separado, son aplicables y ayudan a solucionar muchos problemas de disponibilidad del suelo de producción, pero que combinadas son una potente solución ante las pérdidas.

En la actualidad no puede haber dicotomía entre producción y mantenimiento, ni entre producción y el resto de la organización. Una fábrica es un ente sistémico donde una acción tomada por cualquier persona afecta al conjunto de la organización. Podríamos definirlo como el *Tao* de la industria.

El escenario para la aplicación conjunta de estas metodologías no puede ser cualquiera. En diferentes plantas de la industria de la automoción se intentó la aplicación y no fue fructífera, principalmente porque el TPM no había arraigado como debiera.

El terreno de cultivo para el TPM debe tener unas características especiales: debe primar el compromiso de grupo al protagonismo particular, es una metodología que implica a la totalidad, no contempla individualidades ni triunfos personales, exige gran autodisciplina a todos los niveles para no retroceder en los logros. La relajación, el individualismo y pensar que ya hemos conseguido nuestra meta conllevan la muerte de este proceso. Como es de todos conocidos, para que el TPM pueda triunfar se necesita la implicación de toda la organización, desde la alta gerencia hasta el último operario y de todos los departamentos.

Si hemos logrado que el TPM forme parte habitual de nuestra cultura, el siguiente paso para potenciar esta herramienta es la aplicación del RCM apoyado en la estructura de grupos de TPM.

## 1. CONEXIÓN ENTRE RCM Y TPM

Cuando empezamos a organizar el mantenimiento de la línea de producción, la gerencia nos planteó que los grupos que estaban gestionando la producción fueran los responsables de mantener el estado operativo de las máquinas. Era complicado porque había que entrenar a mucha gente pero, por otro lado, las máquinas eran nuevas y no tenían muchas averías. Las actuaciones normales eran de mantenimiento preventivo y además, como había que contratar a todo el personal, se optó por operarios con FPPII frente a los de menos nivel, pues el costo era similar. Nacimos con TPM y con la filosofía bastante clara.

### Los grupos de trabajo

Los primeros grupos de trabajo de la compañía estaban formados por ocho o diez personas de media. Al frente de ellos estaba un Facilitador, figura fundamental en la buena operativa del grupo. Patric Banc de "Banc International", consultora americana líder de entrenamiento en motivación de grupos, nos explicaba la función del Facilitador como: *"la del macho de la manada de leones que se aposta en un pequeño alto del terreno desde el cual vigila tanto a su manada como al resto del mundo. Si ve que algo perturba la paz de la manada desde dentro, el león se levantará de su perenne siesta y dará cuatro rugidos para que la calma vuelva al grupo; y cuando lo que altera la actividad normal es algo externo al grupo, actuará para que ese posible ataque no traspase al grupo"*. Estos grupos de trabajo manejaban una zona de la línea de producción bien definida. Estaban asignados a una determinada área de producción con la misma tecnología y maquinaria similar (esto ha cambiado mucho en la actualidad), en un principio, a dos turnos y más tarde a tres turnos.

El esquema de trabajo es el siguiente:

El turno de trabajo es de 8,5 horas. El primer turno entra a trabajar a las 6:30 h y salen a las

15:00 h. El segundo turno inicia a las 14:30 h y termina a las 23:00 h y el tercero empieza a las 22:30 h y termina a las 07:00 h. Como se puede ver, hay un solape de 30 minutos entre cada turno. Este tiempo se divide en dos periodos de 15 minutos donde, durante el primer periodo, el grupo saliente da "feed back" de lo ocurrido en la línea de producción, y durante el segundo turno, el grupo saliente ordena y recoge el área siguiendo la filosofía de las 5's y el turno entrante realiza las tareas de mantenimiento entre turnos, necesarias para comenzar la producción con la máquina en condiciones óptimas.

El día de arranque de producción es el Lunes que se empieza la jornada a las 6:30 h con las tareas de mantenimiento preventivo periódicas, por lo que el tiempo de mantenimiento viene condicionado por la máquina que tenga más tiempo de parada por mantenimiento, pero se ha intentado balancear para que todas estén en un tiempo de parada muy parecido.

Esto que se ha explicado en tan pocas líneas tiene detrás un inmenso trabajo, porque:

- ¿Quién hace el mantenimiento?
- ¿Quién supervisa que el mantenimiento se ha hecho correctamente?
- ¿Quién revisa las frecuencias de las tareas de mantenimiento?
- ¿Quién mejora las tareas de mantenimiento?

En principio, la respuesta a todas estas preguntas era "**El Grupo de Trabajo**". Esta respuesta contestaba a todas las preguntas, pero no decía nada concreto porque yo podría hacer la siguiente pregunta: **¿Cómo?**

El grupo de trabajo es un ente que acapara todo, tanto los aciertos como los errores. Si se conseguía una mejora en el proceso, todo el grupo era artífice del logro. Si algo fallaba en el área de producción, la respuesta era el grupo. Si una tarea se dejaba pendiente, el responsable era el grupo. Así que por aquí empezaba a fallar el sistema. Cada grupo de trabajo es distinto, y como podéis imaginar, en una comunidad de 500 personas, como decimos por aquí "hay gente pa to". Había grupos muy buenos y grupos más

dejados; y dentro de los mismos había gente de muy alto nivel de compromiso y otros que el mero hecho de madrugar para ir al trabajo ya justificaba su sueldo.

Esto ocurrió con el paso de los años, porque al principio todo era ilusión y compromiso con la compañía. Pero el tiempo no pasa en balde y empezó a notarse la dejadez y las pocas ganas de hacer cosas en muchas personas de los grupos.

Para evitar esto, diseñamos unos tableros de mantenimiento donde, de un solo vistazo, podemos ver el estado en que se encuentran las órdenes de trabajo. En el tablero hay un plano con el área dividida en zonas de responsabilidad de

ingeniero responsable de la máquina, para tratar los “top five” (los cinco principales problemas) de ese área en concreto. El medible que utilizamos es el OEE (Overall Equipment Effectiveness), o lo que es lo mismo, la TRS (Tasa de Rendimiento Sintético).

A medida que la planta ha ido creciendo, y hemos tenido que reducir los costes de fabricación, el personal que se ha ido contratando ya no posee el mismo nivel técnico que el que teníamos, por lo que se ha tenido que buscar otra herramienta más potente para evitar las paradas de la máquina.

Esta herramienta que aplicamos es el FMEA



*Fotografía N° 1: Tableros de Mantenimiento.*

un técnico con nombre y apellidos. Cada zona de responsabilidad tiene tres cajetines engarzados donde va: en el primero, el mantenimiento que debe hacer el Lunes; en el segundo, el mantenimiento que se le ha quedado pendiente y, en el tercero, las órdenes de servicio aparte de las del mantenimiento preventivo. Estas órdenes de servicio normalmente las ejecuta el grupo de mantenimiento satélite.

Para poder mejorar en el proceso, los grupos de trabajo se reunían un día a la semana con el

de equipo, tras el cual sacamos tres líneas de trabajo fundamentales:

- Por un lado, actuamos directamente en el cambio de diseño o de material de algunas piezas: “reingeniería”. Tomamos varias acciones consistentes en robustecer la máquina, con lo que bajamos la tasa de fallo.
- Por otro, sacamos una lista de repuestos necesarios en stock para evitar largas paradas por falta de la pieza.

- Por último, elaboramos un libro de averías y de atención para que el operario de la máquina tuviera la información de cómo reparar el fallo sin tener que perder mucho tiempo.

Aplicamos el FMEA de equipo en una de las máquinas más problemáticas. Aquí en la planta, cualquier proceso productivo tiene que tener un FMEA de proceso, pero no se había aplicado a los equipos. El resultado fue realmente bueno, por lo que he aplicado esta táctica siempre que me he visto con una máquina difícil.

En concreto, este caso es el de una máquina que heredamos de una planta de Inglaterra y vino bastante mal conservada, dando muchos problemas de fiabilidad y de calidad. Después de concluido el trabajo del FMEA y como, en nuestra planta, el personal de producción hace el mantenimiento y tiene que recuperar las paradas de las máquinas, decidimos hacer después un libro de averías, donde con formato de *single point lessons*, recogemos todo lo que le puede ocurrir a esa máquina.

Después de implementar las mejoras sugeridas y el uso del libro de averías, el OEE de la máquina pasó del 64,7 % a un 91,7 %. Hay que tener en cuenta que todavía muchas personas de la línea no se han habituado al uso del libro de averías, pero cuando esto ocurra, esperamos subir hasta el 97 % de OEE.

Este proceso lo estamos ampliando a las máquinas críticas de todas las líneas de producción. Desde que utilizamos este método, al involucrar a mucha gente, y al ser ellos los que generan los cambios, resulta más fácil que se apliquen los planes de acción y que se haga seguimiento de los medibles y los fallos.

## 2. APLICACIÓN PRÁCTICA DEL FMEA DE EQUIPO

### ¿Qué es un FMEA de equipo?

FMEA, Machinery Failure Mode and Effects Analysis (Análisis de modo y efecto de fallos), es una técnica estándar para la evaluación de equipos y herramientas durante la fase de diseño, para mejorar la máquina en seguridad, fiabilidad y robustez.

### ¿Cuál es el propósito del FMEA de equipo?

- Identificar potenciales modos de fallo.
- Identificar el efecto producido por esos fallos.
- Tasar la importancia de cada efecto.
- Determinar las causas potenciales de fallo, empezando por las de mayor tasa de importancia.
- Identificar diseños robustos o controles que prevean la ocurrencia del fallo.
- Identificar acciones correctivas que prevean, mitiguen y mejoren la posibilidad de detección del fallo incipiente.
- Establecer prioridades para las acciones de mejora.

### ¿Cuáles son los beneficios del FMEA de equipo?

- Mejora la seguridad, fiabilidad, y robustez de la máquina y de las herramientas.
- Permite rápida implementación de cambios de diseño, minimizando el coste y el plazo de entrega.
- Minimiza el riesgo de demora en un programa.
- Reduce el LCC (Costo del Ciclo de Vida) del conjunto.

### ¿Cuándo se utiliza el FMEA de equipo?

- En la fase de especificación del equipo, es posible aventajarse a lo que deseamos.
- Cuando tenemos una máquina con muchos problemas y queremos hacer un rediseño.

### Proceso para realizar el FMEA de equipo

- Formar el grupo de trabajo. Debe estar formado por técnicos y operarios del área y el ingeniero o facilitador, serán expertos e inexpertos.
- Explicar la metodología.
- Dividir la máquina en equipos.
- Aplicar y Ejecutar.

El primer paso es hacer una sesión para informar al grupo de cómo es la metodología de un FMEA de equipo. Como el personal de línea de producción no puede dejar el puesto de trabajo por mucho tiempo, haremos una sesión posterior donde, mediante una tormenta de ideas, identificaremos los fallos potenciales del equipo, tomaremos nota de lo que todo el mundo diga y posteriormente llevaremos el trabajo a la línea de producción, exactamente a pie de la máquina que estamos estudiando.

en el lado izquierdo de la espina. En las Amarillas pondremos las soluciones que se nos ocurren para cada fallo, y se colocarán en el lado derecho de la línea.

Este tablero se deja en línea de producción aproximadamente un mes y medio. Al cabo de este tiempo, se recogen todas las tarjetas y se pasan al formato de FMEA. Con los datos de las tarjetas, la información del fabricante y la experiencia del grupo de mantenimiento satélite,

se da peso a cada fallo potencial según el esquema marcado anteriormente. Con los pesos colocados, calculamos los RPN (Risk Priority Number) asociados. Cada RPN es el igual al producto de los pesos que tenga cada fallo potencial según los valores que hemos colocado en la parrilla de ocurrencia, gravedad y detectabilidad, tal y como se muestra en la Figura N° 3. El valor de la gravedad es el resultado de multiplicar el

número correspondiente a tiempo de reparación, seguridad, calidad, scrap y repuestos. Para diferenciarlos, en el cuadro destacamos en rojo los ítems que afectan a este valor de gravedad.

Este valor de RPN nos dará idea de la influencia que tiene un determinado fallo potencial en el correcto funcionamiento de la máquina, por lo que tendremos que trazar planes de acción empezando por los de mayor valor.

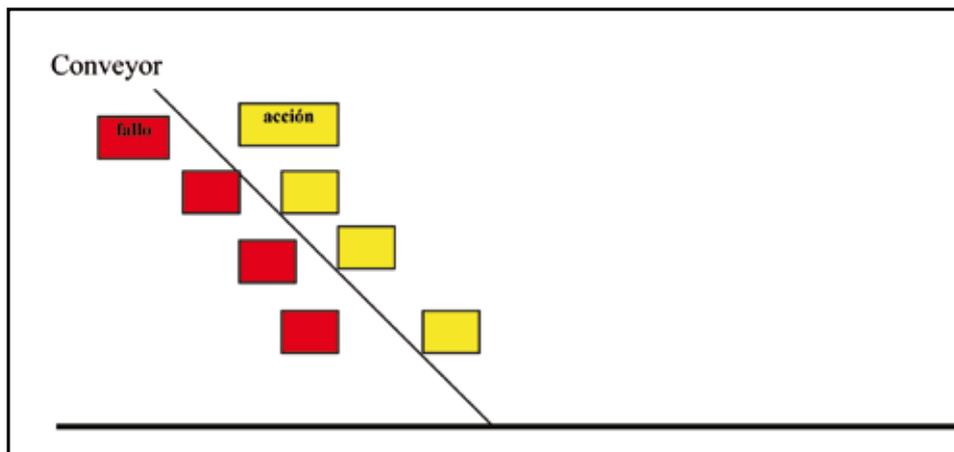


Figura N° 2: Las tarjetas vírgenes están colocadas en el ángulo inferior derecho del tablero.

Colocaremos un tablero con un diagrama de espina de pescado (Ver Figura N° 2), donde sustituiremos las 5-m (máquinas, mano de obra, métodos, materiales, medio ambiente) por los equipos que forman la máquina. En este tablero pondremos dos grupos de tarjetas adhesivas, las Amarillas y las Rojas. Las Rojas son para que las personas de la línea, o del grupo de estudio del FMEA, coloquen los fallos que observan durante el desarrollo de la producción. Estas se pegarán

<p><b>OCURENCIA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. En dos años o más</li> <li>2. Al año</li> <li>3. Cada 6 meses</li> <li>4. Cada 3 meses</li> <li>5. Al mes</li> <li>6. A la semana</li> <li>7. Diariamente</li> <li>8. Cada turno</li> <li>9. Cada hora</li> <li>10. Cada 5 minutos</li> </ol>	<p><b>TIEMPO REPARACION</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menos de 5 minutos.</li> <li>2. Menos de 30 minutos.</li> <li>3. De 30 a 60 minutos.</li> <li>4. De 1 a 2 horas.</li> <li>5. Más de 2 horas.</li> </ol>	<p><b>SEGURIDAD</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. No afecta a seguridad.</li> <li>4. Trabajo poco ergonómico.</li> <li>5. Daños menores a Oper/Tecn.</li> <li>10. Riesgo alto de Seguridad.</li> </ol>	<p><b>SCRAP</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Requerida acción Oper/Téc.</li> <li>2. Paneles para resoldar, LCD para reparar.</li> <li>3. Scrap de un panel.</li> <li>4. Scrap de paneles entre 1 y 5.</li> <li>5. Scrap de más de 5 paneles.</li> </ol>
<p><b>CALIDAD</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. No afecta a la calidad del producto.</li> <li>3. Si afecta a la calidad del producto.</li> </ol>	<p><b>DETECCION</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La máquina para e identifica el fallo.</li> <li>2. La máquina para, no identifica el fallo.</li> <li>5. La máquina no para. Si identifica el fallo.</li> <li>6. La máquina no para. No identifica el fallo.</li> <li>7. La máquina no para y causa scrap.</li> <li>8. La máquina para, causa daños a equipos y/o personas.</li> <li>10. La máquina no para, causa daños a equipos y/o personas.</li> </ol>	<p><b>REPUESTOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tenemos repuesto en el almacén</li> <li>3. No existe repuesto codificado.</li> </ol>	

Figura N° 3: Parrilla de ocurrencia, detectabilidad y gravedad (en rojo se marca la parte de la parrilla que afecta a la gravedad).

Nombre del subsistema Función y requerimientos de funcionamiento del mismo	Modalidad de fallo Potencial	Causas Potenciales de fallos	O c u r r	V	Efectos Potenciales de fallos	G r a v	Controles Actuales	D e t e	R P N	Acciones Recomendadas
<b>9. Feeder</b> Sistema que proporciona el estaño al pote 	<b>9.1. El feeder no proporciona Sn al pote.</b>	<b>9.1.1. Fallo en la corriente eléctrica</b> <i>Possible falta de repuesto</i>	5		Tiempo de parada Scrap Seguridad Calidad Repuesto	3 1 4 1 3	La máquina para, no identifica el fallo	1	180	Mantenimiento correctivo Control de repuestos
		<b>9.1.2. Sensor de nivel de Sn desajustado</b>	6		Tiempo de parada Scrap Seguridad Calidad	3 2 5 3	La máquina no para causa daños al equipo y/o personas	10	5400	Revisiones semanales
		<b>9.1.2.1. Sensor de nivel roto</b> <i>Possible falta de repuesto</i>	4		Tiempo de parada Scrap Seguridad Calidad Repuesto	3 2 5 3 3	La máquina no para causa daños al equipo y/o personas	10	10800	Mantenimiento correctivo Control de repuestos
		<b>9.1.3. Acoplamiento a la polea que arrastra el hilo de estaño suelto</b>	2		Tiempo de parada Scrap Seguridad Calidad	3 2 4 3	La máquina no para y causa scrap	7	1008	Revisiones anuales
		<b>9.1.4. Rotura del conector del microinterruptor</b> <i>Possible falta de repuesto</i>	2		Tiempo de parada Scrap Seguridad Calidad Repuesto	3 2 4 3 3	La máquina no para y causa scrap	7	3024	Mantenimiento correctivo Control de repuestos
		<b>9.1.5. Rotura o pérdida del tensor de la polea guía del Sn al pote.</b> <i>Possible falta de repuesto</i>	4		Tiempo de parada Scrap Seguridad Calidad Repuesto	3 2 4 3 3	La máquina para, no identifica el fallo	2	1728	Revisiones trimestrales Control de repuestos
		<b>9.1.6. Fallo del motor</b>	2		Tiempo de parada Scrap Seguridad Calidad Repuesto	3 2 4 3 3	La máquina para, no identifica el fallo	2	576	Mantenimiento correctivo Control de repuestos
		<b>9.1.6.1. Fallo del fusible</b> <i>Possible falta de repuesto</i>								
		<b>9.1.6.2. Fallo de la tarjeta</b> <i>Possible falta de repuesto</i>								
		<b>9.1.6.3. Fallo del conector</b> <i>Possible falta de repuesto</i>	2		Tiempo de parada Scrap Seguridad Calidad Repuesto	3 2 4 3 3	La máquina para, no identifica el fallo	2	864	Mantenimiento correctivo Control de repuestos
<b>9.1.6.4. Sobrecalentamiento del motor debido a fallo del ventilador (roto)</b> <i>Possible falta de repuesto</i>	2		Tiempo de parada Scrap Seguridad Calidad	3 2 4 3	La máquina para, no identifica el fallo	2	288	Revisión anual		
	<b>9.2. La alimentación de Sn no es continua</b>	<b>9.2.1. Fallo del sensor de nivel de Sn</b> <i>Possible falta de repuesto</i>	6		Tiempo de parada Scrap Seguridad Calidad Repuesto	3 2 5 3 3	La máquina no para causa daños al equipo y/o personas	10	16200	Mantenimiento correctivo Control de repuestos
		<b>9.2.2. Atasco por suciedad de la polea de arrastre de Sn al pote</b>	5		Tiempo de parada Scrap Seguridad Calidad	3 2 4 3	La máquina no para y causa scrap	7	2520	Revisión y limpieza semanal
		<b>9.2.3. Atasco por suciedad del tubo guía del Sn al pote</b>	6		Tiempo de parada Scrap Seguridad Calidad	3 2 4 3	La máquina no para, no identifica el fallo	7	3024	Revisión y limpieza semanal Control de repuestos
		<b>9.2.4. Rotura del microinterruptor del motor dando fallos de detección de Sn</b> <i>Possible falta de repuesto</i>	2		Tiempo de parada Scrap Seguridad Calidad Repuesto	3 2 4 3 3	La máquina no para causa daños al equipo y/o personas	10	4320	Mantenimiento correctivo Control de repuestos

Figura N° 4: Detalle hoja de FMEA del subsistema que proporciona el estaño al pote (Feeder).

Dentro de los planes de acción, como veremos más adelante, se considera el hacer un check list de arranque y de cambio de turno, check list que tomamos directamente de los formatos que se utilizan en TPM.

A partir de este FMEA también redactamos las Lecciones de Punto Único (Ver Figura N° 5) y los Árboles de Fallo (Ver Figura N° 6).

### Definición de la Máquina y el Proceso

En esta máquina es donde se suelda con estaño el conector de la placa electrónica.

El proceso para soldar el conector con estaño líquido es el siguiente (Ver Fotos N° 1 y 2):

1. Mojar el conector con flux, líquido que es en su 80% alcohol isopropílico y el resto es ácido adípico. Esto se hace para darle soldabilidad a las patillas.
2. Pasar el conector por una ola de estaño líquido, donde por capilaridad sube la gota y se deposita en la patilla dejando, al solidificarse, soldada la patilla con el "pads" de la placa. El pads es el agujero rodeado de estaño por donde pasa la patilla a través de la placa.

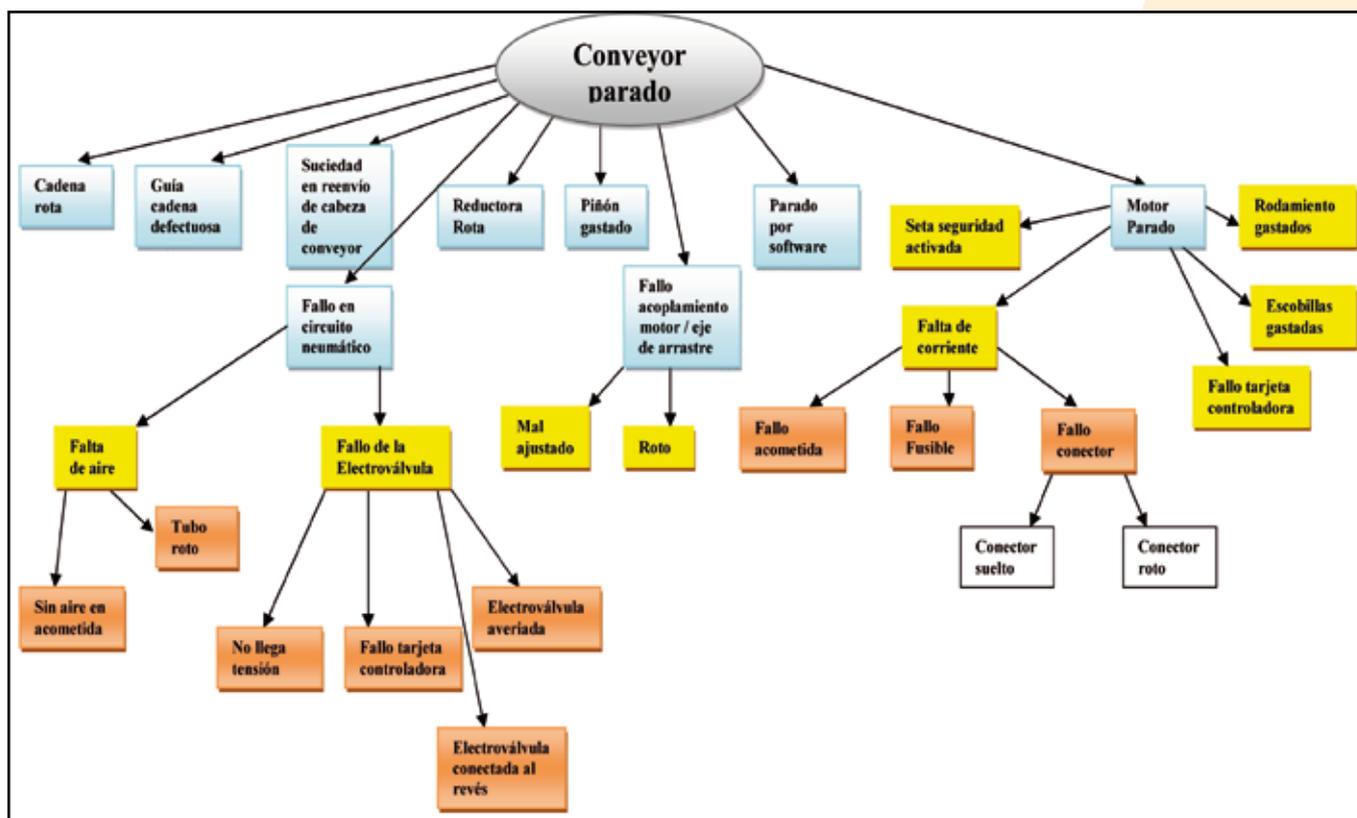


Figura N° 6: Árbol de Fallos del Conveyor.

**Empresa:** Lecciones de un solo punto

**Tarea:** NO ENCIENDE DISPLAY NI LÁMPARA DE ESTADO

**Paso:** DESACTIVACIÓN DE LA RED ELÉCTRICA

**No. 1.2**

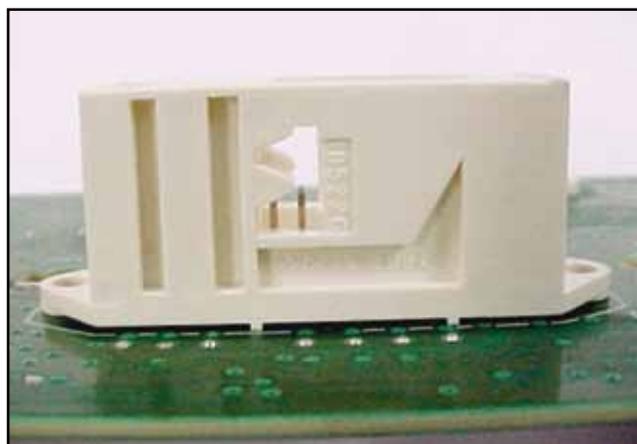
- 1.- Desenclavamos el interruptor general.
- 2.- Abrimos puerta del panel eléctrico.
- 3.- Medimos con un polímetro tensión en las bornas del interruptor general.
- 4.- Verificar que no hay tensión y avisar a Ingeniería de Planta.

**Área:** **Máquina:**

Figura N° 5: Lecciones de Punto Único.



Fotografía N° 2.



Fotografía N° 3.

En este proceso, influyen varios factores para que la soldadura sea aceptable:

El primer factor, por orden de aparición, es el correcto mojado de los pines por el flux. Si no se empapan con la correcta cantidad de flux podemos tener, si es por defecto, cortos o faltas de soldadura u otro fenómeno que se llama soldadura fría, en el cual el aspecto exterior es bueno pero no ha fundido interiormente y, a la larga, la soldadura se rompe produciendo un circuito abierto.

Por el contrario, si aplicamos excesivamente flux, a la larga se puede producir corrosión en la placa por el exceso de ácido adípico.

Otro factor es la temperatura de precalentamiento. En otras máquinas del mercado hay una zona de precalentadores que hacen este trabajo. En esta máquina, el mismo pote de soldadura hace el efecto de precalentador.

Para que la soldadura sea adecuada, la zona del pote debe estar inertizada. Para ello, tenemos los difusores de Nitrógeno. Si estos fallan, la soldadura adquiere una tonalidad gris plomo mate y tiende a oxidarse rápidamente.

También influye notablemente la temperatura a la que esté la ola de estaño. Si está muy líquida, se descuelga con facilidad en el proceso de soldadura y se forman cortos muy aparatosos. Si está muy pastosa, forma cortos porque no drena y además puede provocar roturas en las bombas de soldadura por sobre esfuerzo.

Por último, como factor de influencia está la velocidad de soldado y la posición en la ola. La velocidad tiene que ser lo suficientemente alta para no parar la producción. Debemos tener en cuenta que esta máquina trabaja 24 horas al día, 7 días a la semana. Pero esa velocidad tiene que ser lo suficientemente lenta para que se suelde con garantía.

Para soldar con garantía total teniendo en cuenta estos parámetros, aplicamos una técnica llamada "Diseño de experimentos" de Tagushi, aunque no es objeto de este artículo explicar cómo se aplica esta complicada metodología.

Por tanto, para que este proceso tenga lugar

en la máquina del estudio necesitamos:

- 1º Que la placa llegue a una posición determinada.
- 2º Que le sea aplicado el flux.
- 3º Pasar a otra posición donde se pueda coger para ser llevada sobre la ola de estaño, y con un movimiento de balanceo dejar que se deposite el metal fundido en los pines del conector.
- 4º Una vez soldada, depositar la placa en una zona donde el operario pueda cogerla.

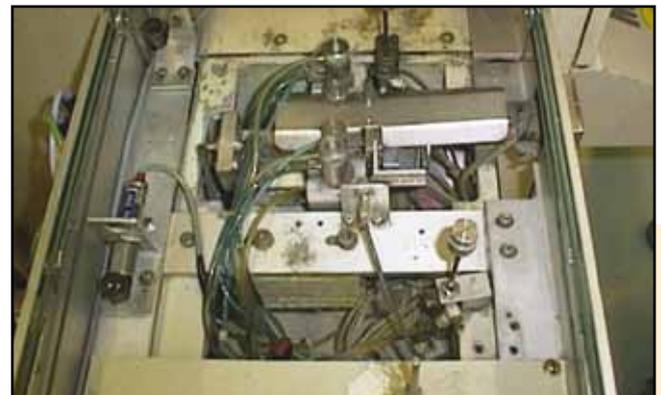
Relacionado con estas etapas del proceso, dividiremos la máquina en:

- **Conveyor de entrada.**



Fotografía N° 4.

- **Zona de flux.**



Fotografía N° 5.

- **Conveyor interior y Peack and Place.**



Fotografía N° 6.

### - Rotador.



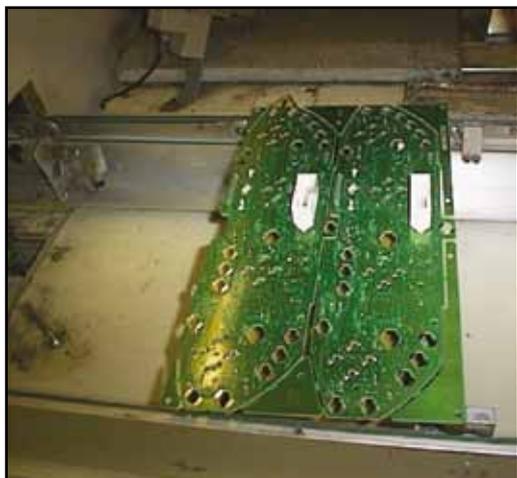
Fotografía N° 7.

### - Bombas y pote de soldadura.



Fotografía N° 8.

### - Conveyor de salida.



Fotografía N° 9.

Estos son los sistemas en los que hemos dividido la máquina. A su vez, cada sistema tiene varios subsistemas y numerosas piezas.

Además de estos sistemas que podríamos llamar directos, tenemos cinco más que no influyen directamente en el producto y que son:

- Cuadro de control de tarjetas electrónicas (tarjetas de motores, bombas, fuentes de alimentación....).
- Cuadro de fuerza de la máquina.
- Sistema neumático (electroválvulas, manómetros, reguladores...).
- Sistema de atmósfera inerte de Nitrógeno (para que la soldadura sea idónea).
- Sistema de seguridad.

Gracias a este estudio, no solo hemos visto los repuestos necesarios, los mantenimientos idóneos y las partes débiles de la máquina, sino también las partes débiles del proceso, por lo que aumentamos la fiabilidad tanto del equipo como de la producción, actuando en todos los factores de la fórmula del OEE.

Si el OEE es el producto de los porcentajes de los tiempos de parada, la eficiencia y la calidad, tenemos que:

- Los tiempos de parada, los disminuimos mejorando el mantenimiento, teniendo repuestos a pie de máquina, procedimientos claros de diagnóstico y reparación de la máquina; y cambiando materiales y piezas que se desgastan mucho, por elementos de mucha más duración.
- La eficiencia la aumentamos, eliminando muchos atascos y pequeñas paradas que, con este estudio, han aflorado.
- Y por fin, los rechazos de calidad los reducimos drásticamente al poder establecer unos parámetros del proceso más idóneos.

Todos estos beneficios, nos animó a aplicar esta técnica en las otras máquinas de la planta.

# Ingeniería de Fiabilidad



Jorge Asiain Sastre

Director – Gerente de Alter Evo Ingenieros  
 Profesor (tiempo parcial) de la Escuela  
 Politécnica de la Universidad Europea de Madrid

## 1. INTRODUCCIÓN

**I**ngeniería de fiabilidad es un concepto cada vez más utilizado en diseño de componentes, procesos de fabricación, seguridad, higiene, medioambiente, mantenimiento, e incluso, en la gestión de stock y logística. Desarrollado inicialmente para la industria aeronáutica, nuclear y militar, pronto pasó a la industria automovilística y de allí al sector energético, naval y alimentario.

Podemos pensar que el único objetivo de la ingeniería de fiabilidad es averiguar si un equipo o proceso va a funcionar correctamente durante un periodo de tiempo. Pero, en realidad, los objetivos son muy amplios e incluyen el cálculo: de los costes de operación y reparación de un equipo o proceso, del número de equipos o repuestos necesarios para realizar una operación, del dimensionamiento de los equipos de mantenimiento, de la probabilidad de fabricar un pedido a tiempo o de la gestión de garantías.

Es, por lo tanto, aplicable a cualquier sector, siendo más importante su utilización en aquellos en los que las consecuencias de un fallo no previsto son más graves.

En este sentido, destacar que la ingeniería de fiabilidad es una disciplina que combina experiencia práctica con conocimientos matemáticos, de física y de ingeniería. La realización de un estudio de fiabilidad parte de la observación de datos experimentales, que se tratan de forma matemática, para crear modelos que permitan profundizar en el conocimiento de equipos y procesos; continúa con la aplicación de conocimientos físicos para estudiar sus causas; y finaliza con la aplicación de soluciones de ingeniería que permitan optimi-

zar sus rendimientos, minimizar sus fallos y reducir los costes de operación.

Para alcanzar estos fines, se combina la utilización de una serie de métodos, que podemos clasificar en cualitativos y cuantitativos, que nos permiten, por un lado, conocer los procesos de fallo, y por otro, darles una valoración que podamos evaluar.

Los métodos cualitativos que utilizamos en ingeniería de fiabilidad son:

- Análisis de modos de fallo y efectos (FMEA / FMECA).
- Mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM).
- Análisis de causa raíz (RCA).
- Sistemas de informe de fallos, análisis y acciones correctivas (FRACAS).
- Repuestos centrados en la fiabilidad (RCS).
- Teoría de restricciones (ToC).

Respecto a los métodos cuantitativos, los utilizados son:

- Predicciones de fiabilidad.
- Fiabilidad de sistemas.
- Análisis de vida, mediante estudio de distribuciones.
- Análisis de mejora de fiabilidad (Reliability Growth).
- Análisis de vida acelerada (HALT).
- Análisis de árbol de fallos (FTA).
- Diseños de experimentos (DoE).

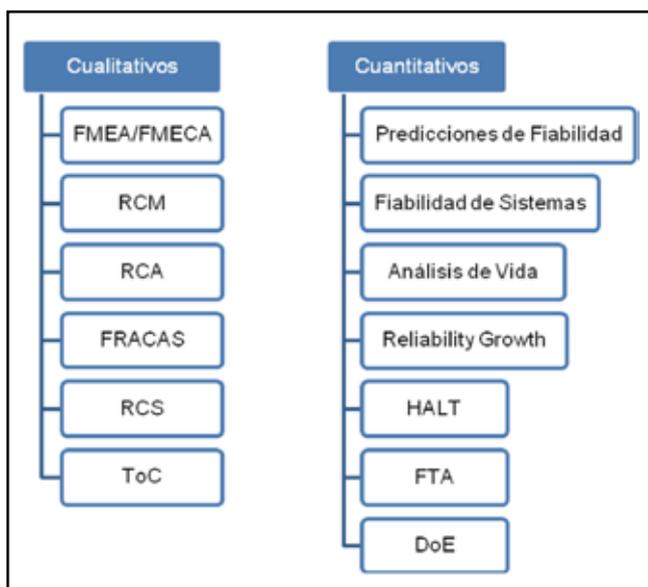


Figura N° 1: Clasificación de métodos utilizados para la realización de estudios de fiabilidad.

La elección de unos métodos u otros dependerá de la naturaleza del equipo o proceso que se va a evaluar, del tiempo disponible, del presupuesto asignado y del grado de exactitud que se requiera.

No hay que olvidar que en los estudios de fiabilidad tienen un gran peso la experiencia, por lo que la realización de estudios previos en equipos o procesos similares resulta de gran ayuda.

## 2. CONCEPTOS DE FIABILIDAD

El resultado de la realización de un estudio de fiabilidad es obtener una función de fallo, esto es, la probabilidad de que un equipo o proceso no cumpla con su función. Conviene indicar que el concepto de fallo puede ser todo lo amplio que se quiera: no solamente que un equipo no funcione, sino que se puede considerar fallo a que un proceso de fabricación no produzca el número de unidades previstas o que no cumpla con los estándares de calidad; que se produzca un accidente o un escape de producto tóxico; incluso se puede considerar fallo una rotura de stocks o el retraso en una entrega.

Debemos recordar que el resultado que obte-

nemos de la función de fallo es una probabilidad, no un resultado absoluto, y esa probabilidad variará en función de determinadas circunstancias. Así que esta función no puede medirse a priori, sino que sólo puede estimarse.

Una vez obtenida esta función podemos calcular, mediante cálculo diferencial, la tasa de fallos que denominamos  $\lambda$  (lambda), esto es, la probabilidad de que ocurra un fallo en un intervalo de tiempo cuando dicho intervalo tiende a cero.

Por comodidad, utilizamos a menudo otras medidas más intuitivas como son el tiempo medio entre fallos (MTBF) o el tiempo medio hasta el fallo (MTTF), según tratemos de sistemas que pueden o no repararse, que no son más que el inverso de  $\lambda$ .

En la mayoría de los casos, el valor de la tasa de fallos  $\lambda$  no es constante, es decir, que normalmente varía con el tiempo, y lo hace de acuerdo a unas curvas que denominamos curvas de fallos.

En general, podemos asimilar la curva de fallos de nuestro equipo o proceso a una de las curvas de fallos que se incluyen en la tabla adjunta.

		Curva de fallo	Características
Fallo por desgaste	A		Curva anómala.
	B		Componentes simples. Equipos complejos con mal diseño (en el que un solo componente provoca el fallo del equipo).
	C		Estructuras. Elementos de desgaste.
Fallo aleatorio	D		Máquinas complejas con ensayos de alto esfuerzo después del comienzo de operación.
	E		Máquinas complejas bien diseñadas.
	F		Componentes electrónicos. Componentes complejos después de mantenimiento correctivo.

Figura N° 2: Tabla de curvas de fallos.

Una vez conocida la curva, es muy sencillo estimar la probabilidad de fallo sustituyendo, en la función, el valor del tiempo  $t$  que queremos considerar.

Las funciones de estas curvas son distribuciones estadísticas, que escogeremos en función

del tipo de cálculo que estamos realizando. Las más comunes son la distribución exponencial, muy utilizada por su sencillez de cálculo; distribución normal o Gaussiana, distribución lognormal, que se utiliza en componentes mecánicos ya que representa fallos por fatiga; distribución Gamma, que se utiliza para fallos en mecanismos; distribución logística, loglogística y Gumbel, esta última en equipos que sufren una rápida degradación después de un determinado tiempo de trabajo; y la distribución de Weibull, que es la más utilizada por su versatilidad, ya que se adapta a casi cualquier forma solamente con variar el parámetro de forma b.

### 3. DISEÑO DE UN PROGRAMA DE FIABILIDAD

Gestionar el diseño de un programa de fiabilidad requiere experiencia y conocimientos teóricos, tanto del equipo o proceso que se pretende estudiar, como de la base matemática necesaria.

De modo general, un buen programa de fiabilidad debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Las expectativas, necesidades y objetivos del cliente, que deben estar bien comprendidos y deben ser realistas.
- Los requerimientos de fiabilidad, que deben considerarse una parte integral del proceso de ingeniería.
- El producto o proceso, que debe estudiarse en sus condiciones de trabajo, teniendo en cuenta las consecuencias de sus fallos.
- La verificación de la fiabilidad, para comprobar que se cumplen los objetivos marcados.

Para llevar a cabo este proceso podemos utilizar la metodología DMAIC, procedente de los proyectos Six Sigma. Esta metodología se compone de cinco fases que le dan nombre:

**D Definir** (Define). Esta fase puede incluir los objetivos de fiabilidad a cumplir, los requerimientos para considerar que se han cumplido, el alcance del estudio, los plazos y las limitaciones de tiempo, el grupo de trabajo y sus responsabilidades, el plan de actividades y la definición de indicadores (KPIs).

**M Medir** (Measure). Esta fase incluye la recopilación de datos, su clasificación y la elección de las técnicas de análisis. Los datos necesarios más

habituales son los intervalos entre fallos, tiempos de reparación, códigos de fallos y tareas y frecuencias de mantenimiento. Pero pueden incluir aspectos tales como costes de reparación, disponibilidad y costes de repuestos, disponibilidades de grupos de mantenimiento, sistemas de inspección y control, etc.

**A Analizar** (Analyze). En función de los resultados obtenidos en las dos fases anteriores, se realiza la función de análisis que puede incluir, según el objetivo, estudios RCM, FMEA/FMECA, RCA, análisis de vida HALT, FTA, etc.

**I Mejorar** (Improve). Esta fase incluye la elección y la implantación de las acciones necesarias para mejorar la fiabilidad del equipo o proceso. Puede incluir modificaciones de diseño, cambios en el plan de mantenimiento, modificaciones de las necesidades de stock, de los requerimientos a los proveedores o de la cualificación del personal, cambios en los procedimientos de trabajo, etc.

**C Controlar** (Control). En esta última fase se plantean las herramientas de control que permitan comprobar que los objetivos del plan se cumplen o, si no es así, identificar inmediatamente las causas del incumplimiento para su corrección.



Figura N° 3:  
Fases de un proceso de mejora.

### 4. CONCLUSIÓN

En este artículo se ha pretendido dar una idea general de los objetivos y herramientas que componen la ingeniería de fiabilidad, se ha resumido de forma muy breve la base matemática que requiere y se ha propuesto un modelo para la realización de planes de fiabilidad.

#### BIBLIOGRAFÍA

- **Life data analysis online reference.** Reliasoft, 2007 (e-book).
- **Reliability in automotive and mechanical engineering.** Bernd Bertsche. VDI – Buch, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2008.
- **Reliability, maintainability and risk.** Practical method for engineers. Dr. David J. Smith. Butterworth Heinemann, Oxford, 6º Ed. 2001.
- **Asset performance management supported by reliability engineering.** Reliability edge vlume 11 Issue 1. Tucson, Arizona, 2011.

# Tres Casos Prácticos sobre Análisis de Vibraciones



Gustavo A. Gómez Doncel

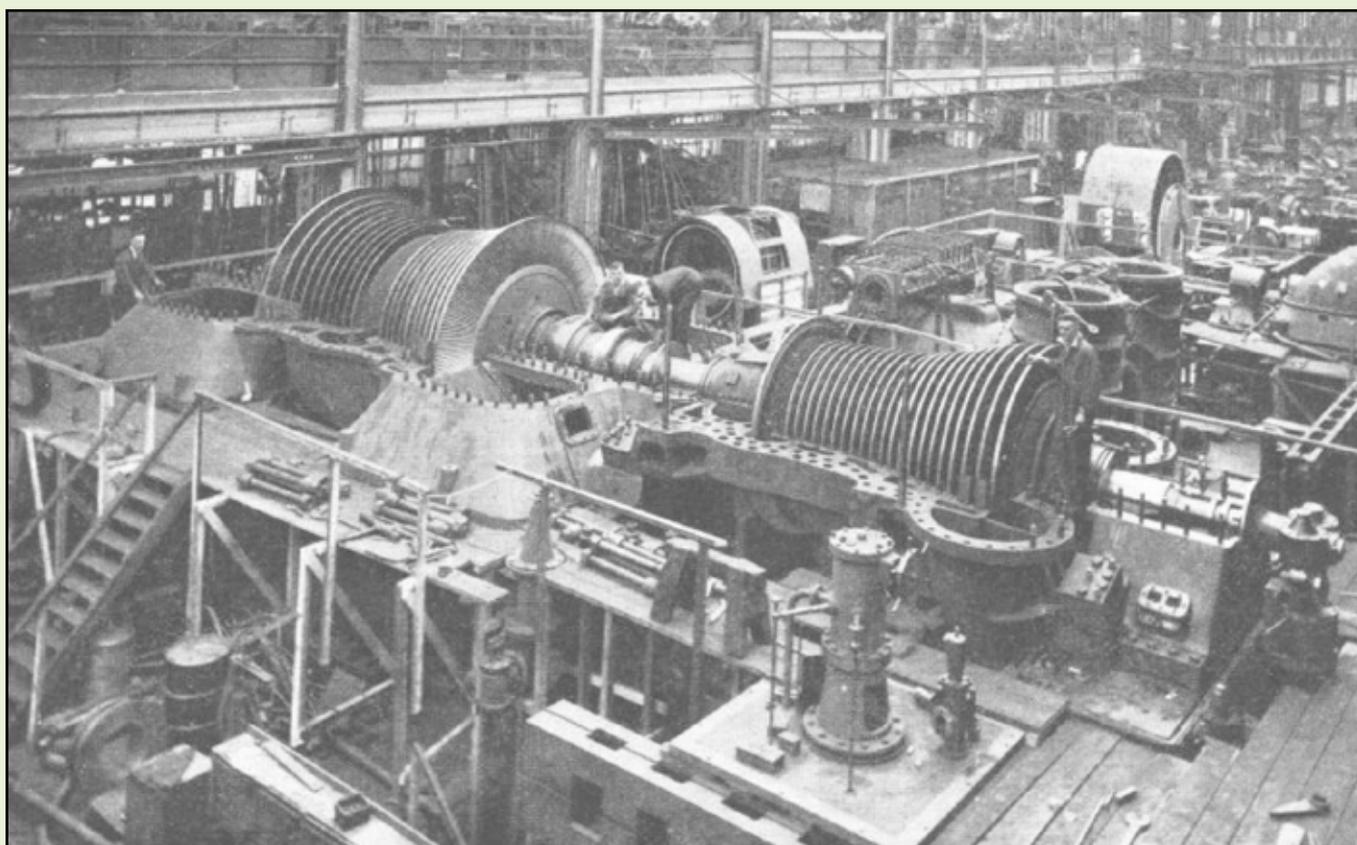
Responsable Nacional del Mantenimiento Predictivo por Vibraciones y Descargas Parciales IBERDROLA

## 1. INTRODUCCIÓN

**A** principios de 1900, la evolución de las turbinas y resto de turbo máquinas fue muy rápida, siendo cada vez más grandes y potentes. Pero a pesar de su robustez, se produjeron numerosos fallos y roturas inesperadas, lo

en aquella época, e incluso hoy en día, se deben a altas vibraciones.

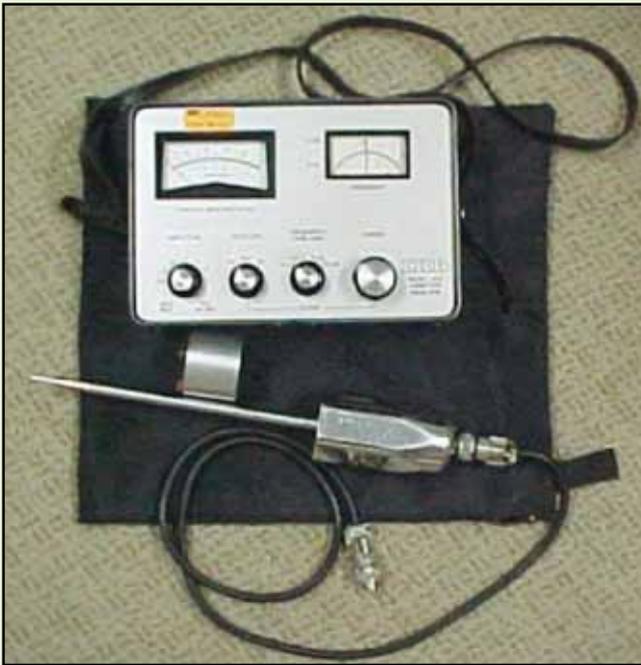
Los primeros sistemas de evaluación de condición de vibraciones eran dispositivos mecánicos, con indicadores en desplazamiento pico – pico,



Fotografía N° 1: Turbina de vapor, de principios de 1900. Fecha sin determinar.

que llevó a la industria a desarrollar y mejorar los sistemas de control y protección. Uno de los objetivos era reducir los niveles de vibración de las máquinas, ya que muchos de los fallos ocurridos

como el mostrado en la foto: un Analizador portátil IRD-320 con pickup de velocidad 544, indicador de amplitud en desplazamiento y velocidad con sintonizador de frecuencia.



Fotografía N° 2: Analizador portátil.

Otro de los problemas importantes de principios de siglo, era que la instrumentación y equipos no tenían la suficiente sensibilidad para poder realizar los ajustes adecuados, como el grado de equilibrado y, en menor medida, el de alineación.

La introducción del espectro y de la electrónica a los sistemas de vibraciones, permitió un gran salto cualitativo, pasando de evaluar la condición de vibraciones a poder realizar un análisis completo.

La diferencia es sustancial. La evaluación nos indica si vibra mucho o poco y si, para esa máquina, esta cantidad es aceptable o peligrosa. El análisis se centra en descifrar no sólo la cantidad de vibración presente, sino en determinar sus frecuencias y características principales, para conocer su origen.

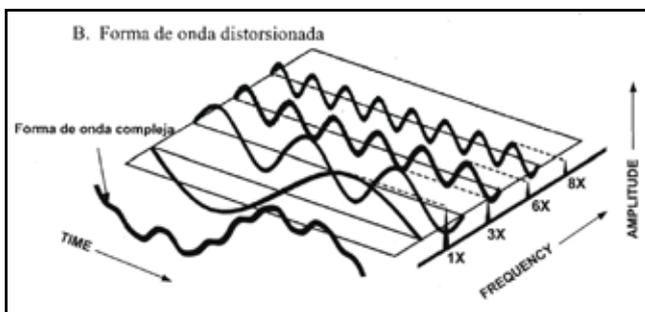


Figura N° 1: Obtención del Espectro aplicando la FFT (Fast Fourier Transformer).

Hoy en día, se dispone de distintos tipos de instrumentación para distintas medidas, como los

sensores de proximidad para desplazamiento relativo, posición axial, expansión diferencial, etc., sensores de velocidad y acelerómetros para vibración de carcasa, etc. La combinación de estas medidas nos ofrece información crucial para el correcto diagnóstico de vibraciones, el cual nos permite identificar el origen del problema para corregirlo.

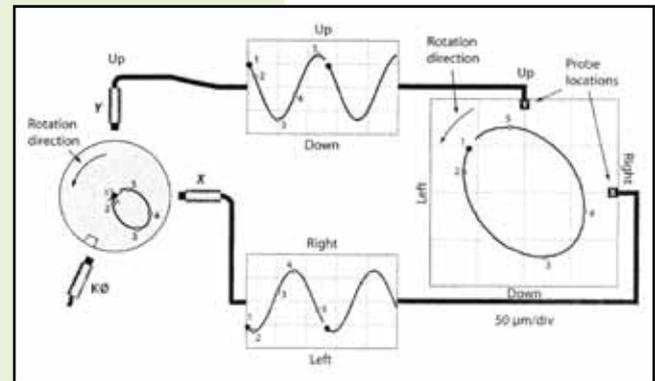


Figura N° 2: Sensores de proximidad, obtención de la Órbita, que representa el movimiento de translación del rotor dentro del cojinete (cojinete de película de aceite).

### CASO PRÁCTICO N° 1: RESONANCIA EN BOMBA VERTICAL

#### Características:

- Motor de 18,5 kW, 400 v / 50 Hz.
- Flujo 38 m<sup>3</sup> / h.
- Según norma ISO 10816-1 la bomba es clase II: Máquinas de tamaño medio (normalmente motores eléctricos de 15kW a 75kW) sin cimentación especial, sobre bancada rígida o máquinas hasta 300kW con cimentación especial.

Desde la puesta en marcha del equipo, se han apreciado altas vibraciones en la dirección perpendicular a la tubería de descarga, que según nuestro criterio se denomina V para la toma de datos (Ver Figura N° 3 para identificación de ejes de medida).

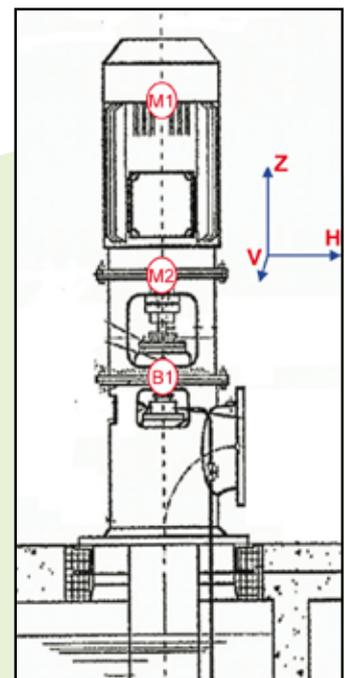


Figura N° 3: Esquema para identificación de ejes de medida.

El gráfico representado en la Figura N° 4 muestra los espectros de ruta en todos los puntos de medición, pudiendo apreciar que la vibración es mayor en la dirección V, siendo mayor en el punto más alto M1V. Aunque es habitual que los equipos verticales tengan mayores vibraciones en la parte alta, la diferencia es excesiva, más de 5 veces mayor, llegando a superar los 15 mm/s RMS (Zona D de la norma ISO 10816:1).



Fotografía N° 5: Detalle grietas en bancada.

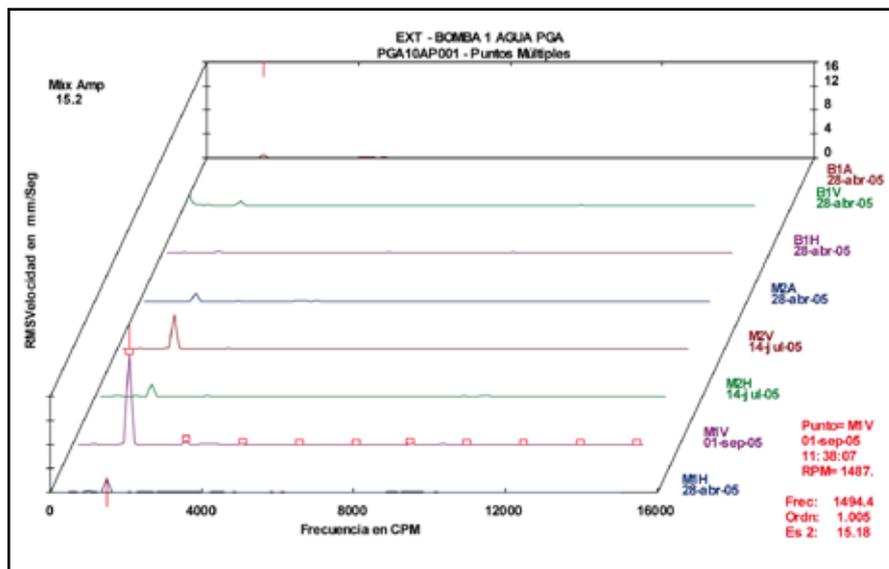


Figura N° 4.

La brida interior de la campana de aspiración también presenta daños:



Fotografía N° 6: Campana aspiración.

Uno de los problemas de los equipos verticales es la fijación a la bancada, así como la correcta perpendicularidad de la bomba.



Fotografía N° 3: Detalle placas niveladoras con la bomba montada.

En este caso, al levantar la bomba, sorprende la cantidad de placas niveladoras alrededor de toda la brida de unión, lo que nos hace pensar que esta bomba ha presentado problemas desde su puesta en marcha.

Por otro lado, las altas vibraciones han ocasionado el deterioro de la bancada apareciendo grietas, tal como puede verse en la Fotografía N° 5.



Fotografía N° 4: Detalle brida de bancada al levantar la bomba.

Una vez detectada la resonancia, y para poder solucionar el problema con garantías, se realiza un modelo con elementos finitos y un análisis modal para estudiar los modos de vibración del conjunto.

Tras unas pequeñas modificaciones obtenidas del análisis modal, los niveles de la bomba han bajado a índices aceptables.



Figura N° 5: Modelo en elementos finitos.



Figura N° 6: Flexión del modelo por efecto de la resonancia.

## CASO PRÁCTICO Nº 2: CAMBIO DE VIBRACIÓN PERIÓDICO

### Características:

- Ciclo Combinado en configuración mono eje, 50Hz, 380MW.

Revisando la tendencia de la vibración se aprecia, principalmente en el cojinete 7 del generador, que la amplitud de la vibración oscila entre 0,5 y 2,5 mils, aunque esta oscilación es apreciable a lo largo de todo el tren de máquina (nivel de alarma 6,5 mils). Ver Figura Nº 7.

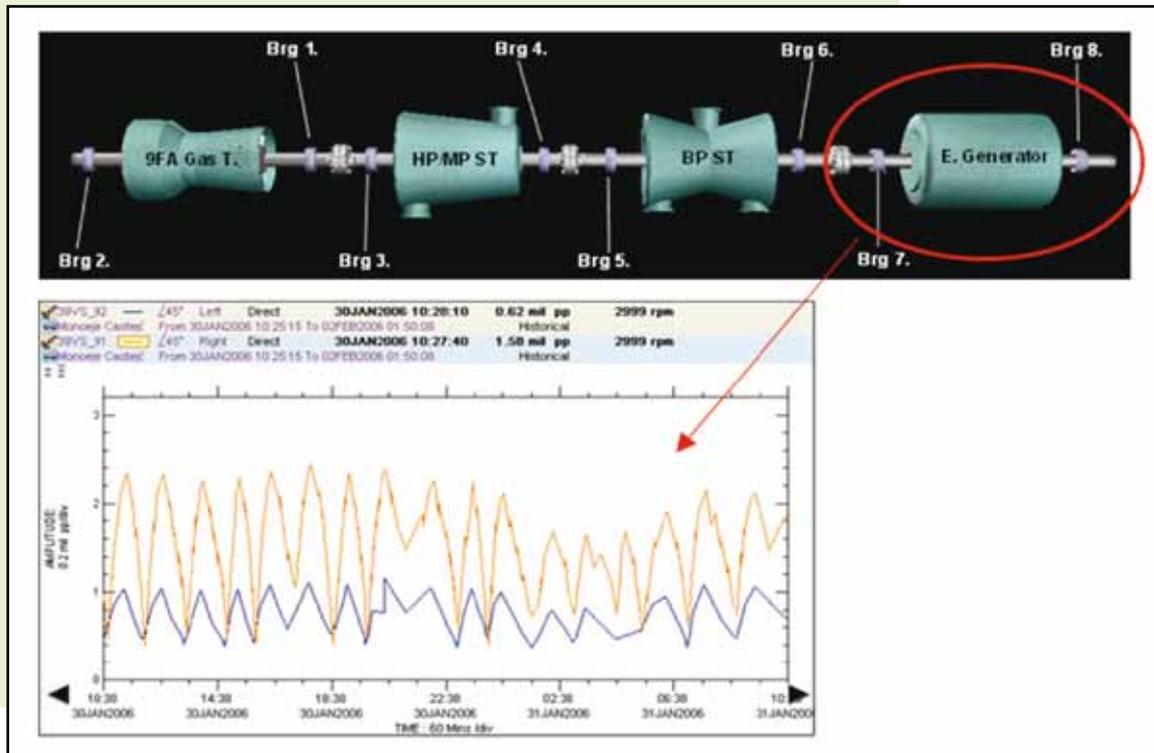


Figura Nº 7.

Para un buen análisis de vibraciones es necesario tener en cuenta los cambios de comportamiento, y no sólo guiarnos por unos niveles de alarma, ya que como podremos ver en el siguiente caso real, los niveles de amplitud están dentro de los límites aceptables.

Los cambios de vibración son principalmente en la componente 1X a 50Hz, cambiando tanto la amplitud como la fase, siendo esto un claro síntoma de roce cercano al cojinete 7. Ver Figura Nº 8.

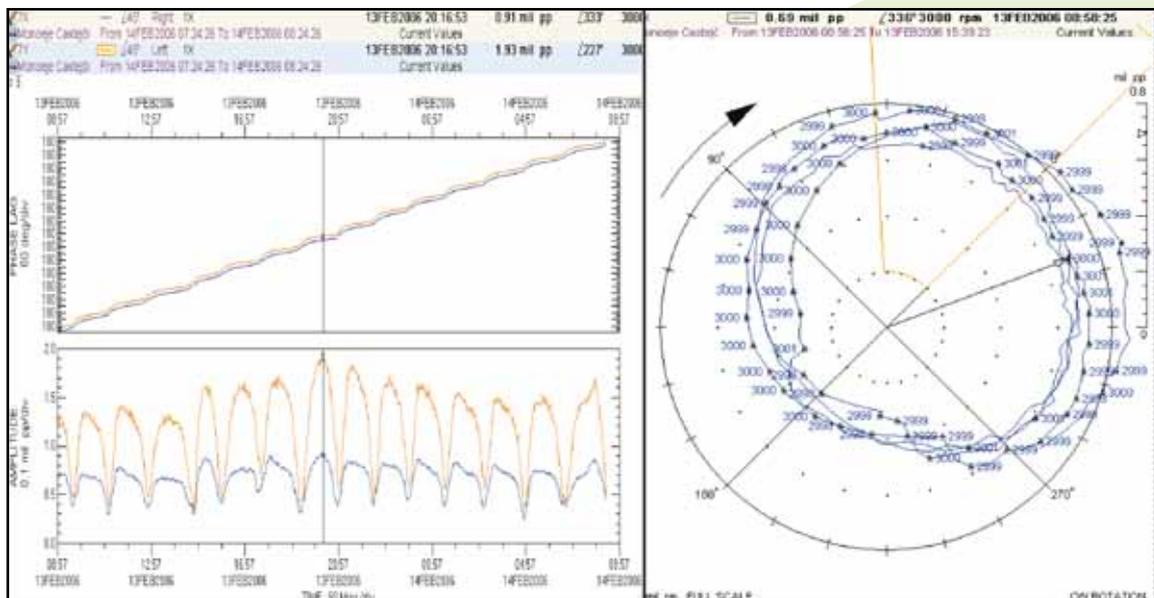


Figura Nº 8.

El personal de O&M de la central informa que se había instalado un juego de escobillas nuevo de puesta a tierra del rotor.

El roce ha desaparecido definitivamente al montar las escobillas originales.

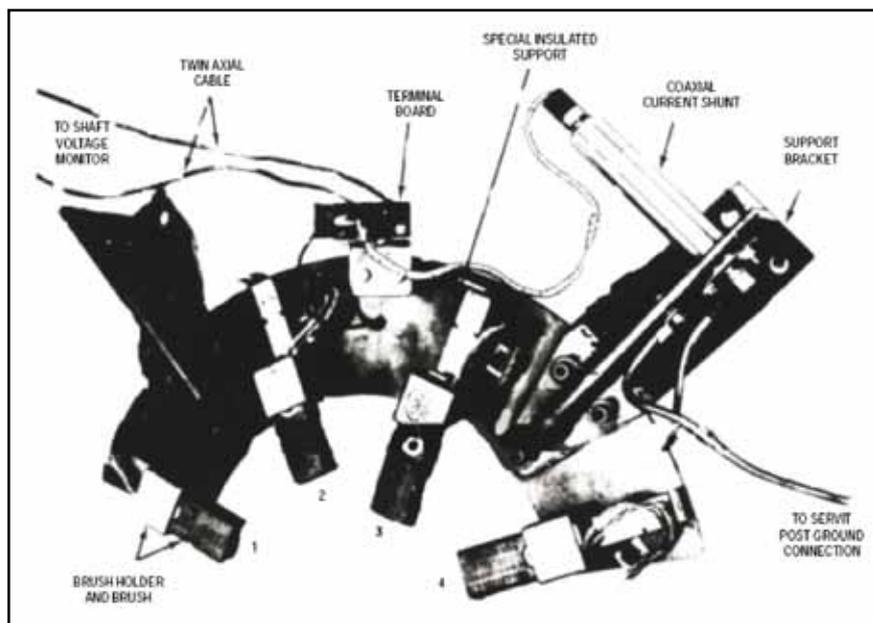


Figura N° 9: Esquema de las escobillas de puesta a tierra del rotor y su soporte.

Esto nos enseña que es necesario revisar los repuestos, aunque sean originales. En este caso, el error fue un cambio de referencia del producto, suministrando el fabricante escobillas de mayor dureza a las recomendadas.

**CASO PRÁCTICO N° 3:  
ALTAS VIBRACIONES**

**Características:**

- Mono eje compuesto por Turbina de gas + Turbina de vapor + Generador.
- Potencia total: 380 MW.

En condiciones estables de operación, manteniéndose a carga base



Debido a las altas vibraciones del soporte de escobillas, y a un incremento considerable de temperatura, se decide volver a montar el juego original de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Fotografía N° 7: Escobillas de puesta a tierra del rotor y su soporte.

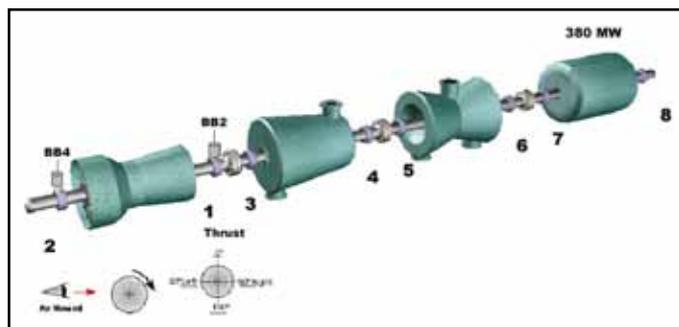


Figura N° 11.

el turbo grupo, comienzan a aumentar los niveles de vibración en el cojinete 3. Pasadas unas horas, y sin haber variado las condiciones operativas, los niveles de vibración comienzan a bajar a valores normales. Este comportamiento se repite durante varios días llegando incluso a superar el límite de alarma en diversas ocasiones.

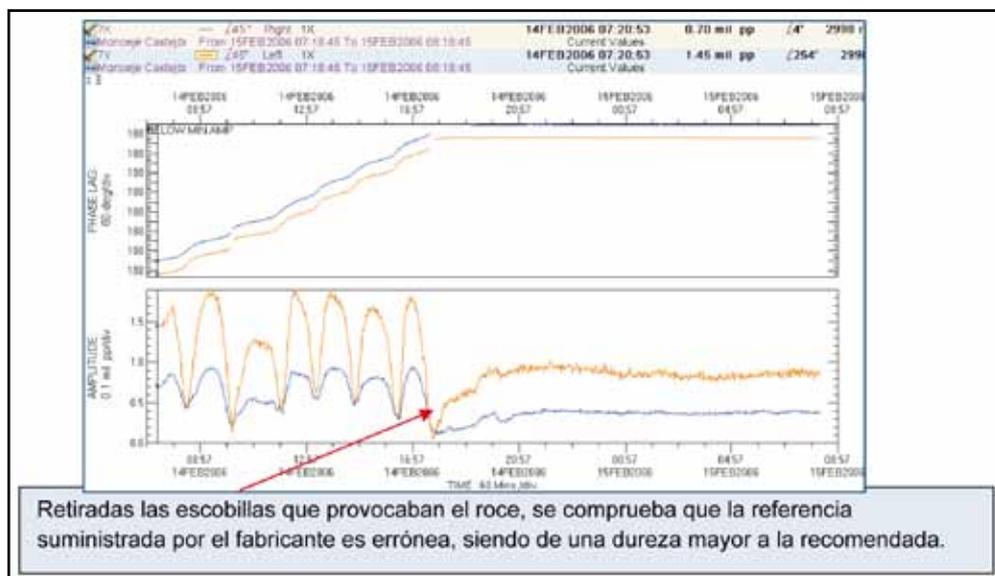


Figura N° 10.

A continuación, en la Figura N° 12, se muestra una tendencia de uno de los sucesos de incremento y posterior decremento de amplitud en el cojinete 3.

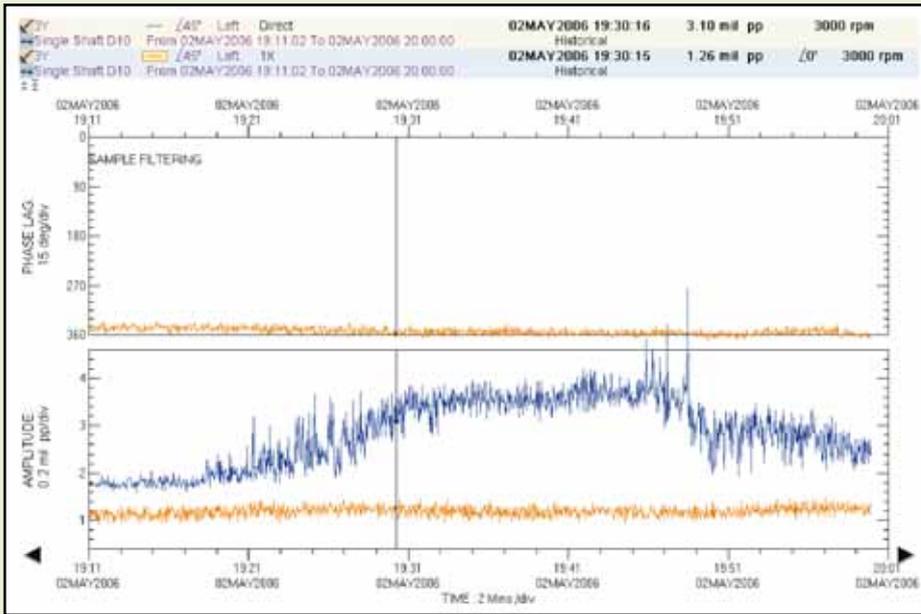


Figura N° 12.

La gráfica representada en la Figura N° 13 muestra la órbita directa en el cojinete 3 (la órbita representa el movimiento de traslación del rotor dentro del cojinete).

La amplitud supera los 6 mils pp del valor de alarma, llamando la atención la dispersión de los puntos de referencia del tacómetro o Keyphasor.

La Figura N° 14 aclara el origen del incremento de vibración, pudiéndose apreciar en el Waterfall (sucesión de espectros en el tiempo) la aparición de la componente a 0,475X que llega incluso a superar al 1X.

En azul se representa el valor global o directo de la vibración y en marrón la componente a 1X. Se puede apreciar que esta componente permanece estable durante el incremento de vibraciones, descartando la ocurrencia de roces, aunque con tan sólo esta información, todavía se desconoce el origen del incremento.

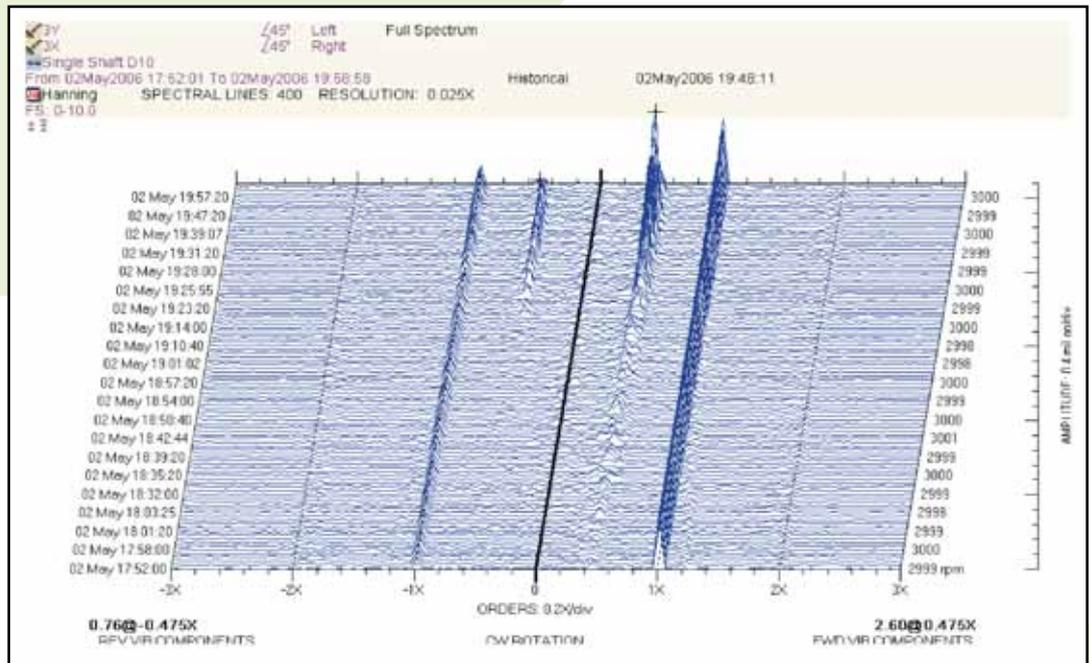


Figura N° 14.

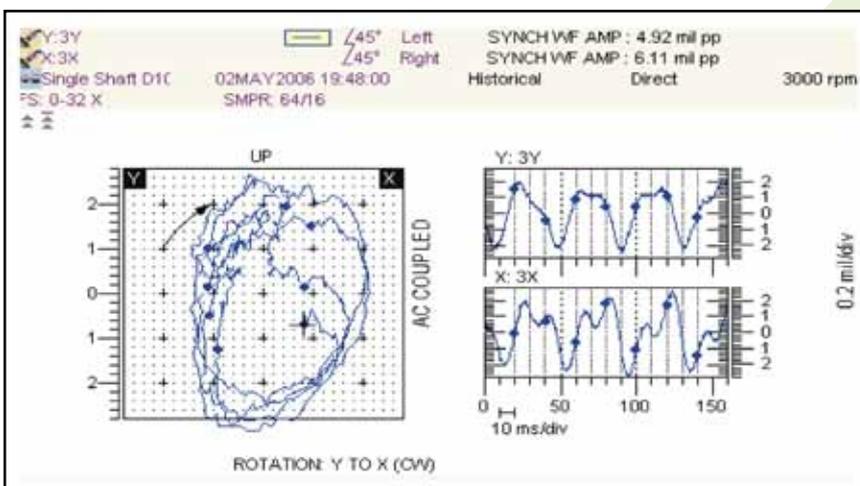


Figura N° 13.

Por tanto, las altas vibraciones acontecidas se deben a episodios de inestabilidad en el aceite o Whirl, siendo sus principales características para su identificación:

- Vibración sub-síncrona entre 0,3X a 0,48X.
- Dispersión de los puntos de referencia del tacómetro (Keyphasor) en las órbitas.

# lubmat'12

Lubrication, Maintenance and Tribotechnology



**Bilbao**  
6-8 June 2012 · SPAIN

LUBMAT Conference is a joint action between Jost (UK) and Tekniker (Spain) which covers key topics for efficiency and costs management: lubrication management, tribology, lubricants and additives, special fluids, efficient maintenance and operation and reliability and sustainability



Organizers

**JostInstitute**  
for Tribotechnology

[www.lubmat.org](http://www.lubmat.org)

# lubmat'12

[www.lubmat.org](http://www.lubmat.org)

## Key dates

Deadline for abstracts submission:

**20th January 2012.**

Deadline for complete papers submission:

**15th March 2012.**

Reduced fee until **Abril 16th**

## Main Topics

- Lubrication management.
- Tribology.
- Lubricants and additives.
- Special fluids.
- Efficient maintenance and operation.
- Reliability and sustainability.

6-8 June 2012 · **Bilbao** · SPAIN

## Objectives and profile of the Conference

LUBMAT was a common initiative between Tekniker and Jost Institute for Tribotechnology which realized that even though there were numerous international congresses dealing with the scientific approach for lubrication and wear, there were not any specific industrially focused.

First LUBMAT was held in Preston (UK) in 2006 and a second edition in San Sebastián (Spain) in 2008 confirmed the successful profile of the Conference. Based on the previous experiences, the present event has extended the tackled subjects to anyone related to maintenance and tribotechnology too. Contributions are expected on all aspects of those issues.

Apart from the Conference itself, there will be several training courses the day before (5th June 2012) with an independent registration.

Likewise an exhibition will be available for interested firms.

Contact:

[info@lubmat.org](mailto:info@lubmat.org)

**\* If you are interested in presenting a contribution to Lubmat' 12, please submit your abstract to [www.lubmat.org](http://www.lubmat.org)**

Sponsors



Collaborators



LUBES'N'GREASES  
EUROPE-MIDDLE EAST-AFRICA



# REVISTA DE INGENIERÍA DEL

MEDIO AMBIENTE  
FORMACIÓN  
CONOCIMIENTO  
TECNOLOGÍA  
ENERGÍA  
INDUSTRIA  
INNOVACIÓN  
TURISMO  
FIABILIDAD  
EFICIENCIA  
GESTIÓN  
PROYECTOS  
OBRAS

INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

# TBN

SERVICIOS INTEGRALES DE LUBRICACIÓN

**Ultrasonidos**

**Análisis de  
Vibraciones  
y SPM**



**Termografía  
por Infrarrojos**



**Cámara de  
Vídeo de Alta  
Velocidad**

**Análisis de  
Aceites, Aguas  
y Gases**



**Software  
Mantenimiento**

**Detección  
de  
Fugas**



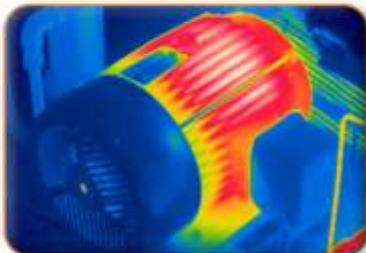
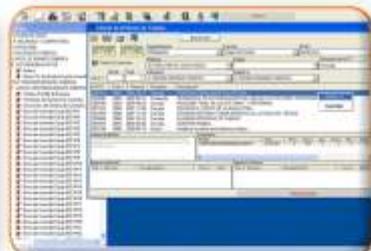
**Videoscopia**



**Auditoría  
Energética**



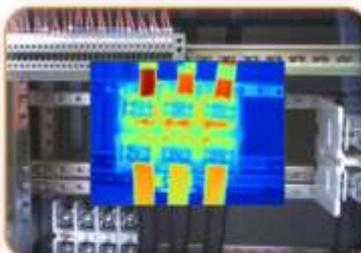
**Consultoría  
de Medio  
Ambiente**



**Luz  
Ultravioleta**



**Cámaras de  
Inspección de  
Canalizaciones**



**Lubricantes y  
Servicio Integral  
de Lubricación**

**Formación  
Técnica**



**Medición de  
Espesores**

