

JUNIO, 2016

NÚMERO 9

# INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO

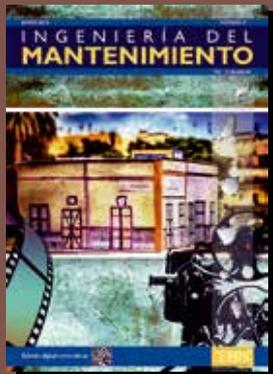
EN CANARIAS



Edición digital: [www.tbn.es](http://www.tbn.es)



INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL  
**TBN**  
SERVICIOS INTEGRALES DE LUBRICACIÓN



# INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO EN CANARIAS

## Director Revista:

D. Luis García Martín  
Director Gerente TBN.

## Comité Técnico:

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

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

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

D. Jesús Terradillos Azqueta  
Fundación Tekniker. Eibar. Gipuskoa.

Dra. M<sup>ª</sup> del Pino Artilles Ramírez  
TBN. Las Palmas de Gran Canaria.

## 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)

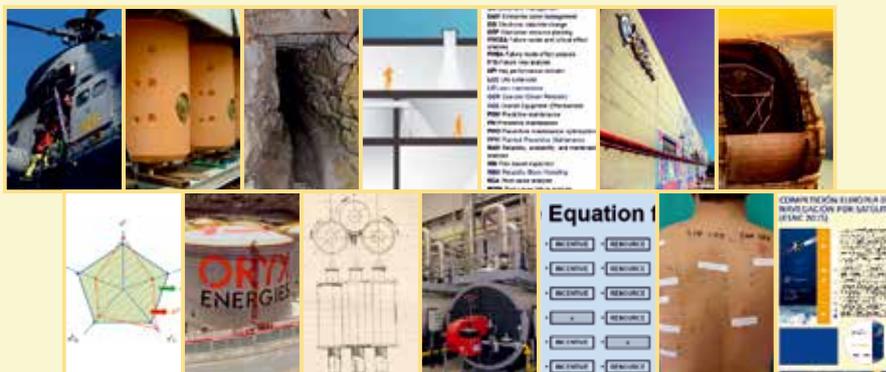
## Diseño Gráfico Portada:

TBN, S.L.

## Imagen de Portada:

Cedida por la familia Hernández González del libro "La Sofía Loren de Arenales y otras historias" (Cabildo de Gran Canaria).

**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.



## 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:** Anual.

La Revista "Ingeniería del Mantenimiento en Canarias" se divulga en:

- **Directorio Latindex**, Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal ([www.latindex.org](http://www.latindex.org)).
- **Base de Datos ICYT** (Índice Español de Ciencia y Tecnología) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (<http://bddoc.csic.es:8080>).
- Portal **JABLE**, archivo de prensa digital de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (<http://jable.ulpgc.es>).
- Portal **RiuNet**, archivo digital de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) (<http://riunet.upv.es>).
- Portal **HISPANA** del Ministerio de Cultura de España (<http://hispana.mcu.es>).
- Portal **EUROPEANA**, el portal del patrimonio documental desarrollado por la Unión Europea (<http://www.europeana.eu>).

**Instrucciones y orientaciones a los autores en: [www.tbn.es](http://www.tbn.es)**

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 de Mantenimiento Industrial y Servicios Integrales de Lubricación.

## Cordial Saludo:

Don Luis García Martín, Director-Gerente de TBN.



### 802 Escuadrón SAR y RCC Canarias

Autor:  
Tcol. Fernando Rubín Maté

6-25



### Protección Catódica en Acumuladores de Agua Caliente Sanitaria (ACS)

Autor:  
Alberto Cremades Díaz

26-35



### Las Minas de Agua de Gran Canaria en la Ingeniería Minera Histórica Mundial

Autor:  
Francisco Suárez Moreno

36-46



### Eficiencia en Edificios Hospitalarios

Autor:  
Patricia Bello Castañeda

47-57



### Mantenimiento, Gestión de Activos y Resultados Económicos

Autor:  
Juan Pedro Maza Sabaleta

58-61



### Adecuación de Artes Gráficas del Atlántico a la Normativa de Riesgos Contra Incendios en Edificios Industriales

Autor:  
Rafael Hernández González

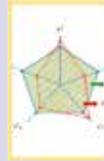
62-67



### OSIRIS

Autores:  
Jordi Cepa y  
Antonio Cabrera Lavers

68-77



### Cuantificación de la Seguridad de Funcionamiento ("Dependability") de un Elemento en un Período de Explotación ya Acontecido

Autor:  
Antonio J. Fernández Pérez

78-85



### Terminal Almacenamiento: Oryx Iberia SAU - Sistema de Lucha Contra Incendios

Autores:  
Antonio González Pérez de Ontiveros y  
Eleazar Caballero Sánchez

86-90



### La Bomba de Vacío. 175 Años Endulzando Nuestra Vida

Autor:  
Fernando A. Ojeda Pérez

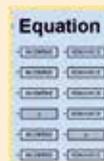
91-94



### El Aprendizaje de Profesionales de Mantenimiento Industrial Mediante Eventos Kaizen

Autores:  
F. Javier Cárcel Carrasco  
y José Grau Carrión

95-101



### E3M" Como Ventaja Competitiva: "Effective Maintenance Management Model"

Autor:  
Felipe Quintana Navarro

102-105



### Dermatosis Profesional en un Medio Industrial

Autor:  
Anselmo Sánchez Palacios

106-108



### Reseñas

109-118



Luis García Martín  
Director - Gerente de TBN



Siguiendo la línea editorial de esta Revista, y con el firme propósito de ayudar a transmitir y divulgar la actividad del MANTENIMIENTO, aspecto que con el que nos hemos mimetizado, TBN- Ingeniería de Mantenimiento Industrial y Servicios Integrales de Lubricación se ha comprometido con una acción de más envergadura: la organización para el próximo 14 y 15 de junio de 2016 del **I CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO EN CANARIAS** que tendrá lugar en Las Palmas de Gran Canaria, con el objetivo de:

- **Contribuir** a posicionar el Mantenimiento en la esfera de visibilidad que le corresponde, entendiendo que es un campo de conocimiento multidisciplinar con un peso específico importante en distintos sectores económicos.
- **Potenciar** el acercamiento a diversas temáticas del área de mantenimiento que pueden ser de máxima relevancia en estos momentos.
- **Difundir** conocimientos y experiencias que ayuden a extender la cultura del mantenimiento a todos los niveles.

Como defendemos que el conocimiento explícito y el tácito deben ir de la mano, este Congreso, de carácter gratuito, pretende ser un punto de encuentro para las industrias, empresas, instituciones públicas y privadas, asociaciones de carácter nacional, regional e insular relacionadas con el mantenimiento, alumnos de ingeniería y de las escuelas de formación profesional, así como toda persona vinculada o interesada en esta disciplina.

Las mesas de debate específicas que se van a desarrollar para los diferentes sectores (industrial, naval, aeronáutico, obra pública, turístico, etc.) serán verdaderas plataformas de análisis y transmisión de ese conocimiento tácito, dando más valor a las soluciones que a los problemas.

Siendo el mantenimiento un área de conocimiento multidisciplinar, con los cursos de formación que se van a promover a partir de este congreso, se quiere favorecer la ampliación de los conocimientos y las capacidades técnicas de los interesados, incidiendo en el matiz transversal que caracteriza al mantenimiento.

Destacamos de este Congreso una serie de aspectos que lo fortalecen:

- Se celebra en Canarias, punto de confluencia de varios continentes, con lo que ello implica. Nuestro territorio debería ser además el eje vertebrador de la transferencia de Know-how hacia África.
- Se contará en este I Congreso con la participación conjunta de las asociaciones más representativas en el mundo del mantenimiento y la ingeniería: AEM (Asociación Española de Mantenimiento), AEND (Asociación Española de Ensayos No Destructivos) y AEC (Asociación Española para la Calidad); así como representantes de organizaciones que son buques insignias en esta área (Noria Corporation, IK4-Tekniker, Laboratorio Dr. Lantos, Vibra, etc.) y que poseen gran calado internacional.



# 802 Escuadrón SAR y RCC Canarias



D. Fernando Rubín Maté

Teniente Coronel  
Jefe del SAR Canarias



## 1. CREACIÓN DEL SERVICIO DE BÚSQUEDA Y SALVAMENTO (SAR)

Por Decreto del 17 de junio de 1955 y de acuerdo con las normas y procedimientos internacionales suscritos por España en aplicación del Convenio Internacional de Aviación Civil de Chicago, firmada el 7 de diciembre de 1944, sobre todo de su artículo 25 (que comprometía a los Estados a prestar toda la ayuda que les fuese posible a las aeronaves que se encontrasen en peligro dentro de su territorio), se crea en España el Servicio de Búsqueda y Salvamento (SAR - Search and Air Rescue) a propuesta del entonces Ministerio del Aire. Era un momento en el que comenzaba una expansión internacional del transporte aéreo y marítimo sin precedentes y, por lo tanto, hacía más necesario este Servicio de Búsqueda y Salvamento, que permitía aunar y coordinar todos los medios disponibles, siendo parte de un sistema mundial eficaz de ayuda.

El Decreto define la misión y crea una Jefatura del Servicio dependiente del Estado Mayor del Aire y unos centros coordinadores dependientes de los Jefes de las Regiones Aéreas.

En su redacción original, el Servicio de Búsqueda y Salvamento, tendría por misión "localizar a las aeronaves siniestradas dentro del espacio aéreo español y hacer llegar lo más rápidamente posible los auxilios necesarios, así como cooperar con otros organismos civiles y militares cuando por haberse producido un accidente, catástrofe o calamidad pública se requiera su colaboración".

Además de colaborar en misiones de salvamento con las naciones vecinas.

Se crea con la siguiente estructura: Jefatura del Servicio; Centros Coordinadores de Salvamento (RCC); Subcentros coordinadores de Salvamento (RSC); Unidades Aéreas y de Superficie de salvamento.

En cuanto a su organización, se articula en correspondencia con las regiones de búsqueda y salvamento (SRR) establecidas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) para el territorio español, que originalmente fueron Madrid, Baleares, Sevilla y Canarias. Posteriormente desapareció la de Sevilla y quedó reducida a las tres regiones actuales que son prácticamente coincidentes con las llamadas Regiones de Información de Vuelo (FIR).

Para cada una de estas regiones, Madrid, Baleares y Canarias, se estableció un Centro Coordinador de Salvamento (RCC) y un Escuadrón de Fuerzas Aéreas para responder con carácter permanente a los requerimientos de la misión anteriormente citada.

Así, los Centros y Unidades que integran el SAR son los siguientes:

- RCC DE MADRID.
- RCC DE BALEARES (Palma de Mallorca).
- RCC DE CANARIAS (Gran Canaria).
- RSC de Sevilla.
- 801 Escuadrón de FF.AA. (Base Aérea de Son San Juan).

- 802 Escuadrón de FF.AA. (Base Aérea de Gando).
- 803 Escuadrón de FF.AA. (Base Aérea de Cuatro Vientos).

Desde su creación, el SAR empezó a depender del Estado Mayor del Aire. Actualmente, dependen operativamente del Mando Aéreo de Combate (MACOM), y las Unidades y Organismos en Canarias dependen orgánicamente del Mando Aéreo de Canarias (MACAN).

La mayor parte de las operaciones de salvamento llevan asociadas la intervención de otros medios especializados en la materia o con responsabilidades afines a la del propio SAR.

Según la Organización de Aviación Civil Internacional, cada país adquiere una responsabilidad dentro de los límites que se han establecido. Pero de igual forma, recomienda a los países limítrofes, establecer acuerdos que faciliten la activación y coordinación de medios. Por ello, el Servicio de Búsqueda y Salvamento español tiene acuerdos firmados con los SAR de las naciones próximas a nuestros espacios aéreos y marítimos de responsabilidad internacional, en los que están incluidos la realización de ejercicios para el adiestramiento y entrenamiento combinado de las unidades de los mismos.

En 1970, las autoridades de EE.UU. y Canadá empezaron a exigir la instalación generalizada de radiobalizas de emergencia en barcos y aviones. Estas balizas, que transmiten en las frecuencias aeronáuticas de 121,5 MHz de uso civil y 243,0 MHz de uso militar, se denominan con las siglas ELT (Emergency Locator Transmitter) o EPIRB (Emergency Position Indicator Radio Beacon), según que sean para uso de aviones o barcos. La recepción de estas señales de emergencia se realizaba por barcos, aviones o estaciones costeras, con grandes limitaciones en cuanto a zonas de cobertura y oportunidades de escucha. En muchos casos, las señales eran captadas por aviones volando a gran altura, que si bien podían notificar las emergencias inmediatamente, no tenían la posibilidad de determinar su localización.

La tecnología espacial, mediante el uso de repetidores instalados en satélites artificiales, iba a permitir un gran avance en la precisión y rapidez de las localizaciones, con los consiguientes efectos beneficiosos de reducir coste y riesgo en las actividades de búsqueda y aumentar la supervivencia.

Efectivamente, en julio de 1988 se firmó en París el Acuerdo del Programa Internacional COSPAS-SARSAT por los cuatro países que lideraron el proyecto Estados Unidos, Canadá, Rusia y Francia. Se basa en la utilización de cuatro o más satélites que reciben las señales SOS de radiobalizas de emergencia para retransmitirlas a estaciones terrestres donde, no sólo se detecta la emergencia, sino también la posición geográfica de la misma con escasos kilómetros de error. La precisión del sistema mejoró ostensiblemente con las balizas de 406,0 MHz.

El acuerdo tiene un carácter abierto para que otros países que aporten medios al segmento espacial puedan acceder como miembros. De esta manera España se incorporó, en calidad de proveedor del segmento terreno, en mayo de 1991, con la instalación de un receptor de señales en la Estación Espacial de Maspalomas (Gran Canaria), denominado LUT (Local User Terminal) y que ejerce, al mismo tiempo, como MCC (Misión Control Center). El posicionamiento de las señales detectadas es enviado directamente al Centro Nacional Coordinador de Salvamento Marítimo (CNCS) y al 802 Escuadrón y al Centro Coordinador de Salvamento de Canarias (RCC), que son los organismos con responsabilidades en la coordinación de acciones con ocasión de siniestros marítimos y aéreos respectivamente en nuestra área de responsabilidad.

## 2. 802 ESCUADRÓN SAR Y RCC CANARIAS

La zona de Canarias es, por razones obvias, la más peculiar de la geografía española. Es evidente que no sólo por su distancia del resto del territorio, sino por ser zona estratégica de primer orden y punto de intenso tráfico marítimo y aéreo, precisaba la consolidación de un servicio SAR.

Así, en el año 1955 se creó la 51 Escuadrilla de Salvamento con base en el aeródromo de Los Rodeos, en Tenerife, que estaba dotada con dos helicópteros tipo Sikorsky (H19) a los que más tarde se incorporó un avión tipo Grumman Albatross SA-16 y también contaba con una avioneta Dornier L-9. Esta unidad se trasladó muy pronto a la Base Aérea de Gando en Gran Canaria, formando ya a finales de 1955, la 56 Escuadrilla de Salvamento.

En 1962, cambia la denominación de la Unidad a 56 Escuadrón de Salvamento, hasta que

en Octubre de 1967 adopta su actual denominación de 802 Escuadrón de Fuerzas Aéreas. En 1988 se fusionan, el 802 Escuadrón de FF.AA. y RCC Canarias, en una única unidad. Pero desde el 25 de febrero de 2005, según la Instrucción núm. 17/2005 de 8 de febrero de 2005 del Jefe de Estado Mayor del Ejército del Aire, el RCC Canarias deja de estar integrado en el 802 Escuadrón de FF.AA. y, consecuentemente, tiene entidad orgánica propia.

EVOLUCIÓN DENOMINACIONES DEL SAR DE CANARIAS	
51 Escuadrilla de Salvamento	Desde su fundación, 21 de Enero de 1955, hasta el 7 de diciembre de 1955.
56 Escuadrilla de Salvamento	Del 7 de diciembre de 1955 al 30 de noviembre de 1962.
56 Escuadrón de Salvamento	Desde el 30 de noviembre de 1962 al 27 de octubre de 1967.
802 Escuadrón de FF.AA.	Del 27 de Octubre de 1967 hasta el día de la fecha.
802 Escuadrón de FF.AA. + RCC Canarias	Desde el 12 de mayo 1988, ambas unidades quedan como una única unidad, hasta el 25 de febrero de 2005.
802 Escuadrón de FF.AA. y RCC Canarias	Desde el 25 de febrero de 2005, la RCC Canarias tiene entidad orgánica propia.

El área asignada al RCC Canarias se corresponde con el FIR Canarias (Región de Información de Vuelo) o demarcación donde España tiene atribuciones para el control y asesoramiento de todos los vuelos que operan dentro de sus límites. Tiene bajo su responsabilidad la asombrosa cifra de 1.500.000 (millón y medio) de kilómetros cuadrados que abarca desde las proximidades de Madeira hasta Nouadhibou, en Mauritania, y que incluye el antiguo Sahara Español, excluido este último de las operaciones por el contencioso sobre el futuro político del territorio.

El archipiélago canario, como destino turístico incuestionable, ocupa uno de los primeros puestos a nivel nacional en el registro de movimientos aéreos y marítimos tanto de tipo comercial como deportivo.

La existencia del banco sahariano ha concentrado durante muchos años cientos de barcos españoles y de otras nacionalidades en una de las zonas pesqueras más ricas del continente africano. La protección del personal embarcado exige disponer de medios rápidos de evacuación o de asistencia en zona. Esto motivó el destacamento del Buque Hospital Esperanza del Mar. Muy pronto se determinó la necesidad de conjugar las

acciones de este hospital con la intervención de helicópteros del SAR para el transporte urgente de los casos más graves.

Por otra parte, los centros hospitalarios de mejor nivel han estado situados en Gran Canaria o Tenerife lo que ha obligado a disponer de medios aéreos que permitan el traslado de enfermos o heridos desde otras islas.

La propia orografía de las islas, determina una red viaria, con frecuencia sinuosa, con puntos de difícil acceso, lo que justifica más aún la necesidad de estos medios aéreos, especialmente helicópteros.

En cuanto al tráfico militar, la Base Aérea de Gando, en Gran Canaria, como base principal de despliegue del Ejército del Aire, acoge el 462 Escuadrón de caza, dotado con aviones F-18. La operación de estas aeronaves genera diariamente un número importante de movimientos aéreos a los que hay que asegurar también una cobertura en caso de accidente.

En este escenario, eminentemente marítimo, transcurre la historia de esta Unidad desde hace más de sesenta años. Su actividad ha estado volcada durante mucho tiempo a actuaciones en naufragios y operaciones de búsqueda de personas desaparecidas en el mar. En su experiencia, puede constatar la extrema dureza de un medio implacable donde las posibilidades de supervivencia se reducen drásticamente si no se cuenta con la protección adecuada. Por eso, el factor tiempo constituye la premisa básica de las actuaciones de la Unidad. Se trata de intervenir pronto y de manera eficaz.

En los últimos años, las islas Canarias han visto un notable incremento de las actividades ilegales vía marítima. Aunque sin alcanzar los niveles tan elevados de los años 2006-2009, la inmigración ilegal todavía está dando lugar a numerosas misiones, muchas de búsquedas y salvamento.

Finalmente debería destacarse la gran inquietud que la población de las islas y, por consiguiente sus autoridades, tienen hacia la conservación del entorno, lo que propicia una vigilancia sobre los factores contaminantes que puedan dañar la fauna y la flora en los espacios terrestres y marítimos.

## 2.1. Estructura y Misión

Bajo la denominación de 802 Escuadrón y RCC Canarias se agrupan los dos elementos básicos del servicio de salvamento: por una parte, la unidad actuante dotada de aviones y helicópteros y, por otra, el centro coordinador o director de las operaciones.

El Centro Coordinador de Salvamento (RCC) ejerce un papel primordial en el desarrollo de las operaciones. Su actividad se extiende desde el análisis de la situación, hasta la determinación de los medios necesarios para llevarla a cabo, así como el enlace con otros organismos de los que pudiera necesitarse colaboración, generando las iniciativas precisas de acuerdo con el transcurso de los acontecimientos.

El Centro Coordinador está ubicado en las mismas instalaciones que el Centro de Control Aéreo de Canarias en correspondencia con la estrecha relación que ambos organismos precisan en la resolución de accidentes aéreos.

El Escuadrón lleva a cabo la parte operativa utilizando avión o helicóptero de acuerdo con el tipo de misión. Sus tripulaciones están entrenadas y mentalizadas para despegar en el más breve plazo de tiempo, especialmente cuando hay vidas humanas en peligro.

Así, teniendo como premisa fundamental el salvar vidas humanas, un desglose de las misiones SAR que tienen que afrontar serían:

- Localizar aviones siniestrados en el espacio aéreo internacional de responsabilidad española.
- Auxiliar, tan pronto como sea posible, a quien lo necesite.

- Cooperar con organizaciones civiles y militares en accidentes y situaciones de desastre.
- Colaborar con organizaciones de países vecinos en operaciones de salvamento.
- Cooperar con la marina civil y militar en misiones de salvamento.
- Evacuar personas enfermas o heridas y órganos para trasplante a hospitales adecuados.
- Apoyar a buques de Cruz Roja y barcos de pesca.

Además, participan en otras, tales como:

- Vigilancia y reconocimiento marítimo.
- Operaciones de interdicción marítima.
- Control de inmigración ilegal, crimen organizado, etc.
- Lucha contra la contaminación marina y protección medioambiental.
- Operaciones de vigilancia aduanera.
- Investigación científica y la conservación del patrimonio marino y la protección civil.

En ese tiempo, se han realizado más de siete mil operaciones diversas relacionadas con aspectos de la búsqueda y salvamento en el escenario que compete a Canarias.

Afortunadamente, la tecnología incorporada a la fabricación de aviones y buques en general, así como su equipamiento ha aumentado exponencialmente la seguridad en estos medios de transporte y, en consecuencia, son cada vez menos los accidentes que se producen.

Esta estructura ha estado bajo la responsabilidad de distintos mandos a lo largo de la historia del SAR en Canarias.



*Relación de mandos del SAR-802 Escuadrón de FFAA.*

RELACIÓN DE MANDOS DEL SAR – 802 ESCUADRÓN DE FF.AA.	
TTE. CORONEL D. PEDRO JULIÁN GONZÁLEZ GALLEGO	15/02/1955 A 14/07/1955 (CAPITAN JEFE ACCTAL) 19/01/1957 A 03/07/65 (COMANDANTE JEFE) 07/12/1967 A 15/05/1973 (TCOL. JEFE)
COMANDANTE D. JOAQUÍN ESPONERA VICEN	14/07/1955 A 14/01/1957
COMANDANTE D. CÁNDIDO LOSANTOS COMAS	03/08/1965 A 07/07/1966
COMANDANTE D. JORGE L. LLOP HALLI	07/08/1966 A 07/12/1967
TTE. CORONEL D. MIGUEL A. NAVEDA GÓMEZ	17/05/1973 A 03/10/1976
TTE. CORONEL D. RAMÓN TOMÁS ADIN	05/10/1976 A 04/08/1979
TTE. CORONEL D. EUGENIO JACK FOLLA	04/08/1979 A 14/08/1982
TTE. CORONEL D. FELIPE DE FRANCISCO TRESCASTRO	14/08/1982 A 12/08/1985
TTE. CORONEL D. JOAQUÍN HEVIA FERNÁNDEZ	12/08/1985 A 28/07/1986
TTE. CORONEL D. RAFAEL SANCHIZ PONS	22/08/1986 A 07/03/1989
TTE. CORONEL D. AQUILINO SANESTEBAN CAO	07/03/1989 A 02/04/1996
TTE. CORONEL D. LEOPOLDO GRAGERA MARTÍN DE SAAVEDRA	24/04/1996 A 30/09/2002
TTE. CORONEL D. JULIÁN DURANY MURÍAS	30/09/2002 A 06/07/2005
TTE. CORONEL D. JULIO ARCAS BERMÚDEZ	06/07/2005 A 06/08/2009
TTE. CORONEL D. MARTÍN PABLO MARCOS SEIJAS	06/08/2009 A 03/08/2012
TTE. CORONEL D. JAVIER OTÓN CARRILLO	03/08/2012 A 30/03/2014
TTE. CORONEL D. FERNANDO RUBÍN MATÉ	30/03/2014



Actual jefe del SAR Canarias Tcol D. Fernando Rubín Maté

## 2.2. Sus medios aéreos

MEDIOS AÉREOS EN EL SAR DE CANARIAS DESDE SU FUNDACIÓN			
	TIPO AERONAVE	DENOMINACIÓN	PERIODO ACTIVIDAD
HELICÓPTERO	SIKORSKY	H-19	1955 - 1967
	SIKORSKY	Z-1	1961 - 1972
	AUGUSTA BELL 205	Z-10	1966 - 1982
	AUGUSTA BELL	Z-07	1973 - 1981
	SUPER PUMA AS-332B	HD-21	1983 – Hasta actualidad
AVIONES	GRUMMAN ALBATROS SA-16	AD-1	1956 - 1979
	DORNIER 27	L-9	1963 - 1974
	FOKKER 27 MARÍTIME	D-2	1979 – 2013
	CASA CN235-VIGMA	D-4	2013 – Hasta actualidad



Sikorsky (H-19)



Super Puma AS-332 B (HD-21).



Augusta Bell 205 (Z-10)



*Grumman Albatros (SA-16)*



*DONIER 27 (L-9)*



*FOKKER-27 MARITIME (D-2)*



*CASA CN-235 VIGMA de nueva dotación  
del 802 Escuadrón de FFAA.*

El CN-235-100, conocido también como D-4 en su versión SAR, es un avión de transporte militar que cuenta con las características de velocidad, nivel de crucero, autonomía y alcance, necesarias para realizar operaciones SAR y vigilancia marítima. La plataforma, modificada y mejorada, cuenta con un sistema integrado de sensores, equipo de comunicaciones y otros sistemas auxiliares para lanzamiento de balsas, fumígenos, bengalas lumínicas o marcadores.

La tripulación está formada básicamente por dos pilotos, dos buscadores/operadores de cámara, un operador FITS/posición TACCO y un operador FITS/posición sensor, aunque puede cambiar dependiendo de la misión a realizar.

El helicóptero AS332 Super-Puma es la versión avanzada y mejorada del SA330 Puma. Se trata de un helicóptero utilitario multimisión de tamaño medio y rotor principal de 4 palas. Desde la realización de su primer vuelo el 13 de septiembre de 1978, ha demostrado de forma satisfactoria sus capacidades en tareas de salvamento, traslado de órganos, aeroevacuaciones y distribución de ayuda humanitaria.

Dispone del alcance y autonomía para cubrir un radio de acción de 300 millas náuticas. Está dotado de una grúa capaz de izar pesos de hasta 275kg, material de señalización, cesta de izado, y posibilidad de estibar hasta nueve camillas.

Distancia al objetivo, combustible demandado y tipología de la misión, son los elementos vinculantes a la hora de decidir la configuración y tripulación óptima. De entre estas configuraciones la más común la componen 2 pilotos, 1 mecánico de vuelo/operador de grúa, 1 enfermero de vuelo (DUE) y 2 rescatadores.

Junto con el avión anteriormente citado de esta Unidad, conforman un tándem perfecto en lo que a misiones de búsqueda y rescate se refiere.

En las instalaciones del SAR en Canarias se cuenta con todo el equipamiento material para el mantenimiento de las aeronaves, pañol de equipos personal de vuelo (para helicópteros y aviones), etc. Destacar que el equipo de mantenimiento de los D-4, poseen un reconocimiento a la excelencia al mantenimiento aeronáutico.



### 2.3. Medios humanos

Para hacer posible el correcto funcionamiento de este dispositivo, el 802 Escuadrón y RCC Canarias dispone de un grupo de hombres y mujeres que ha variado en número a lo largo de su existencia, siendo actualmente de 150, que asegura las funciones básicas de una unidad de estas características.



*Rescatador durante un ejercicio de aeroevacuación.*



*Rescatadores preparan descenso en grúa desde el Super Puma.*



*Fotografía de un helicóptero Super Puma preparado para actuar*

La plantilla de personal está formada por pilotos, mecánicos, operadores radaristas, operadores de radio, y especialistas en electrónica e informática, sin olvidar rescatadores, enfermeros, administrativos y personal de apoyo a las operaciones aéreas.

Este equipo se entrena diariamente y prepara las aeronaves para estar en disposición de cumplir con garantías cualquier tipo de misión que se le encomiende.



*Tripulación del helicóptero Super Puma en vuelo.*



*Exposición estática de material embarcado en las aeronaves*



*Impresión artística de un rescatador durante un ejercicio de aeroevacuación.*

### 3. MISIONES RELEVANTES

El 26 de febrero de 2010, se celebró en la Base Aérea de Gando la conmemoración de las cien mil horas de vuelo de las diferentes aeronaves que han prestado servicio en el “SAR Canarias”.

El Teniente Coronel Jefe del 802 Escuadrón, D. Martín Pablo Marcos Seijas, pronunció en ese acto una alocución en la que resaltó la entrega de esa Unidad del Ejército del Aire al servicio de la Sociedad:

“...Y así, hemos estado actuando la mayor parte de nuestra existencia...**intentando dar esperanza**, unas veces en tierra y otras muchas en la mar, y siempre sirviendo a España desde esta maravillosa tierra canaria...”

“... con más de **doce mil misiones reales**, de las que **6.393** son de salvamento. Se han realizado cerca de **3800 evacuaciones** y se han rescatado **2392 personas**. Misiones que al final tienen un rostro, **una cara**, como la de algunas personas que hoy nos acompañan y que fueron izadas a un helicóptero **en un instante inolvidable e irreplicable de sus vidas... y de las nuestras**. Cara, como la de aquellos compañeros, civiles y militares, que dejaron lo mejor de sus vidas en ésta unidad y que ahora, nos observan desde lo más alto...”.

La unidad tiene entre sus méritos, el rescate a mayor distancia de un naufrago a 720 millas (evacuación efectuada al sur del archipiélago en 2014).



### **ALGUNAS MISIONES SIGNIFICATIVAS ENCOMENDADAS A LA UNIDAD**

1968. El Escuadrón estuvo durante once días y rastreando una superficie marítima de 30.000 millas cuadradas, intentando localizar al pesquero Fausto, misión que finalizaría sin resultados positivos. El pesquero aparecería mes y medio más tarde a 1.000 millas de las Canarias al localizarlo un mercante italiano y sin supervivientes.

1972. La Unidad participo en la búsqueda de un avión DC-8 de la compañía Aviaco que había caído al mar a 12 millas del aeropuerto de Gando. Localizados los restos de la aeronave no se encontraron supervivientes.

1981. Intervención de la Unidad que tuvo más resonancia internacional al localizar y rescatar al magnate de la Prensa británica Robert Maxwell, que se había caído de su yate a varias millas del archipiélago canario.

1982. El 802 Escuadrón con sus helicópteros fue esencial y decisiva en la evacuación aérea de centenares de personas accidentadas o enfermas en colaboración el buque hospital Esperanza del Mar.

1984. Dos Super Pumas lograron rescatar nada menos que a 31 tripulantes del mercante griego Nikitas Rousso que se encontraba en grave situación a 225 millas al suroeste de Gran Canaria.

1984. Evacuación de un tripulante del submarino español Galerna, que sería la primera efectuada por el SAR desde un navío sumergible.

1985. Misión de salvamento llevada a cabo cuando colisionaron en el aire dos cazas F-1 de la Base Aérea de Gando al sur de Gran Canaria, falleciendo uno de los dos pilotos. Ambos fueron localizados y recuperados por un Súper Puma del Escuadrón.

1988. Operación de salvamento donde fueron rescatadas más personas por las tripulaciones del Escuadrón, al conseguir con dos helicópteros evacuar a 17 tripulantes del pesquero Toni-M.

1992. Uno de los helicópteros del 802 Escuadrón, que se encontraba en vuelo estacionario a unos 120 pies de altura sobre el mar, sufrió un fallo mecánico y se precipito al mar, pudiendo sus cinco tripulantes salvar la vida saltando al agua de inmediato; y siendo rescatados por otro helicóptero de una balsa que había sido lanzada por uno de los Fokker-27 de la Unidad que había presenciado el accidente.

1997. Operación de rescate del único tripulante del "velero Choice" a 354 millas náuticas del oeste de la Isla de La Palma, siendo la evacuación a mayor distancia de tierra realizada sin reabastecimiento en vuelo en el mundo para un helicóptero.

2000. Operación de rescate en alta mar de los naufragos italianos del "Velero 3C", Eleonora de Sabata y su esposo.

2002. Operación de socorro marítimo al Catamarán "Mohana", rescatando a siete naufragos.

2003. Búsqueda de hombre caído al agua desde el Barco "Topaz".

2003. Búsqueda pesquero "Kodak" por activación de radiobaliza emergencia 406 MHZ.

**MISIONES MÁS RECIENTES DE ESPECIAL INTERÉS:**

AÑO 2009	MISIÓN	LOCALIZACIÓN
23/01/2009	EVACUACIÓN AL BUQUE HOSPITAL ESPERANZA DEL MAR	NOUADHIBOU (MAURITANIA)
26-27/01/2009	EVACUACIÓN AL ESPERANZA DEL MAR	NOUADHIBOU
23/04/2009	EVACUACIÓN AL ESPERANZA DEL MAR	NOUADHIBOU
01/05/2009 AL 31/05/2009	OPERACIÓN CRUZ DEL SUR (COBERTURA SAR)	GABON SUDAFRICA
01/06/2009 AL 19/06/2009	ACCIDENTE AVIÓN AIR FRANCE 447. Búsqueda de los restos del avión accidentado de la compañía Air France 447, que se perdió en medio del Océano Atlántico, tras su despegue de Brasil con destino París. Estas búsquedas aéreas en condiciones extremas por la gran lejanía de Canarias, se extendieron por un período de tiempo de 19 días, desde el día de la desaparición del citado avión, estando destacado el avión Fokker-27 en las Islas de Cabo Verde.	CABO VERDE
16/06/2009	RESCATE DEL MAR AL PILOTO DE UN F-18. Rescate de dos pilotos de F-18, que fueron rescatados del mar, después de sufrir un choque dos de estas aeronaves en un ejercicio rutinario.	
15/08/2009	EVACUACIÓN A UN MARINERO DEL BUQUE "ESPERANZA DEL MAR"	NOUAKCHOTT
21/08/2009	EVACUACIÓN A NOAUDHIBOU	NOUADHIBOU
14/09/2009 AL 17/09/2009	CAVSAR 2009	CABO VERDE
22/09/2009	MORSA 2009	SAMAR AL NORTE DE CANARIAS
09/10/09	EVACUACIÓN DE UN TRIPULANTE DEL BARCO "TEAM SPIRIT"	NOUADHIBOU
21-22/10/2009	EJERCICIO INTERNACIONAL CERNIA 2009	MALLORCA
10/11/2009	EVACUACIÓN AL BARCO "CASTILLO DE SAN PEDRO"	NOUADHIBOU
16/11/2009 AL 19/11/2009	DAKARCAN 2009	SENEGAL

AÑO 2010	MISIÓN	LOCALIZACIÓN
20/04/2010	EVACUACIÓN DE UN MARINERO DESDE NOUADHIBOU	NOUADHIBOU
21-22/04/2010	EVACUACIÓN AL BUQUE HOSPITAL ESPERANZA DEL MAR DESDE PRAIA	CABO VERDE
24/05/2010	EVACUACIÓN AL "SKANDI AKER" A NOUADHIBOU	FINALMENTE SIN TOMA EN NOUADHIBOU
21-22/08/2010	EVACUACIÓN AL BUQUE HOSPITAL ESPERANZA DEL MAR	NOUADHIBOU
29/08/2010	AEROEVACUACIÓN AL "SVILEN RUSSEV" Rescate de dos tripulantes de un barco, uno de ellos fallecido que llevaban veinte días perdidos en el Atlántico. El superviviente de origen francés fue recogido por el buque "Svilen Russev" y de ahí izado por un helicóptero del 802 SQN a 384 NM de Gando. (Nouadhibou).	NOUADHIBOU
25/10/2010 AL 29/10/2010	EJERCICIO TAMARIS 10 EN MARRUECOS	CASABLANCA
12/11/2010	EVACUACIÓN A DAKAR	DAKAR (SOLO FOKKER)

AÑO 2011	MISIÓN	LOCALIZACIÓN
24/02/2011	RESCATE EN LA ISLA DE LA PALMA. Rescate de dos tripulantes de un helicóptero "WA3 Sokol", el piloto, de 54 años, piloto y el mecánico de 53, que se estrelló en el barranco de Las Angustias, en la Isla de La Palma.	LA PALMA
07/03/2011 AL 11/03/2011	EJERCICIO TAMARIS-11 (MARRUECOS)	CASABLANCA
09/07/2011	EVACUACIÓN DE UN TRIPULANTE DE LA PATRULLERA "RIO SEGURA"	NOUADHIBOU
05/11/2011 AL 09/11/2011	PARTICIPACIÓN DE PERSONAL DEL 802 ESCUADRÓN DE FF.AA Y RCC CANARIAS EN EL EJERCICIO CAVSAR 2011	PRAIA-CABO VERDE
03.11.2011	EJERCICIO INTERNACIONAL SAR, MORSAS 2011	MADEIRA (PORTUGAL)
17/12/2011 AL 20/12/2011	ARTICIPACIÓN DEL 802 ESCUADRÓN DE FF.AA. Y RCC CANARIAS EN EL EJERCICIO DAKSAR 2011	SALY (SENEGAL)

AÑO 2012	MISIÓN	LOCALIZACIÓN
08/01/2012	AEROEVACUACIÓN DESDE EL AEROPUERTO DE NOUADHIBOU Aeroevacuación de un tripulante de 48 años de edad, procedente del buque de bandera turca "OZAY-4", que presentaba un diagnóstico de ictus cerebral.	MAURITANIA
12/01/2012	AEROEVACUACIÓN DESDE EL AEROPUERTO DE NOUADHIBOU	MAURITANIA
14/03/2012	AEROEVACUACIÓN DESDE EL CRUCERO COSTA MEDITERRÁNEA. Aeroevacuación de un enfermo grave de 71 años desde el crucero "Costa Mediterránea". El servicio se realizó a 530 kilómetros de El Hierro. Se desplazó un avión Fokker 27 y un helicóptero Super Puma. El paciente presentaba una pancreatitis aguda.	CANARIAS
06/06/2012	EJERCICIO MORSAS 2012	PORTO SANTO (PORTUGAL)
25/12/2012	AEROEVACUACIÓN DESDE CRUCERO BRAEMAR. Día de Navidad. Evacuación de dos pasajeros del crucero "Braemar" a 555 kilómetros al sureste de la Isla de El Hierro. Uno de los pacientes, de 78 años estaba en estado crítico ya que presentaba un neumotórax. El otro herido, un varón de 66 años presentaba una fractura abierta bajo la rodilla derecha. El vuelo no pudo traspasar una altitud de 300 metros para no agravar los síntomas de uno de los accidentados. Tras once horas de servicio se conseguía la evacuación.	CANARIAS

AÑO 2013	MISIÓN	LOCALIZACIÓN
13/02/2013	<b>RESCATE BOTE DEEP BLUE</b> Rescate de un bote a la deriva a 560 kilómetros al sureste de la Isla de El Hierro y a 781 kilómetros de Gran Canaria. La embarcación de nombre "Deep Blue" participaba en una de las carreras de regatas más duras del mundo, con destino a Antigua, en El Caribe. Un tripulante canadiense, de 65 años y otro inglés, de 24, quienes pretendían recorrer solo con ayuda de unos remos, los 5.600 kilómetros que separan ambas islas. El servicio se culminó tras 07:45 horas de vuelo de las aeronaves, el helicóptero realizó 730 NM de distancia en el rescate, desde el despegue del Hierro hasta el aterrizaje en Las Palmas de Gran Canaria, siendo el rescate más largo conocido sin repostar.	CANARIAS
15/03/2013 AL 17/03/2013	AEROEVACUACION "TORNADO" (BAM)	NOUADHIBOU Y CABO VERDE
09/10/2013	EJERCICIO INTERNACIONAL MORSA 2013	SAMAR AL NORTE ISLAS CANARIAS
28/10/2013	<b>RESCATE ACCIDENTE AVIONETA PIPER PA 28</b> Accidente de una avioneta Piper PA 28 con el resultado de tres tripulantes fallecidos pertenecientes a la Escuela de Pilotos "Canavia", ocurrido durante un vuelo de instrucción nocturno, en el municipio grancanario de Agaete, muy cerca del Pinar de Tamadaba. Tras horas de riesgo, dificultado por el clima y la orografía del lugar, se pudieron recuperar los cadáveres. Fue un helicóptero del SAR el primero en divisarlos. Se trataba de dos instructores de vuelo y el alumno de vuelo, un joven de tan sólo 22 años de edad.	GRAN CANARIA
25/12/2013	<b>RESCATE VELERO NEW WAVE</b> Día de Navidad. Tripulante evacuado a bordo del buque "Beatriz B" y que era ocupante del velero New Wave, un varón de 45 años, que había naufragado.	

AÑO 2014	MISIÓN	LOCALIZACIÓN
25/01/2014	RESCATE INMIGRANTES Rescate de un grupo de inmigrantes ilegales a bordo de la gabarra "OceanViking" y que iba con el remolcador "Neptuno 11", a 292 millas náuticas al sur suroeste de Gran Canaria.	CANARIAS
19/03/2014	ACCIDENTE HELICÓPTERO SÚPER PUMA Accidente de un helicóptero Super Puma del 802 Escuadrón, cuando participaba en un ejercicio con una embarcación de la Armada con el resultado de cuatro tripulantes fallecidos y un superviviente, hecho ocurrido en aguas al sur de Fuerteventura.	CANARIAS
21/07/2014	AEROEVACUACIÓN DESDE EL ESPERANZA DEL MAR Una aeroevacuación de un enfermo español de 47 años desde el buque hospital Esperanza del Mar, que se encontraba a 180NM al sur de Gran Canaria.	CANARIAS
30/11/2014	EVACUACIÓN AÉREA DE UN TRIPULANTE DE UNA EMBARCACIÓN A REMOS: Se requería la evacuación médica de un tripulante con problemas respiratorios en una embarcación a remos. La embarcación, de nombre Toby Wallace, con una tripulación de 7 hombres, trataba de batir el record de cruce del Atlántico de este a oeste, de Gran Canaria a Barbados, establecido en 32 días. Despegaron desde la Base Aérea de Gando un helicóptero Super Puma, y unos aviones CASA 235 VIGMA. La embarcación se encontraba a unos 590 kilómetros del sur de Gran Canaria.	CANARIAS

AÑO 2015	MISIÓN	LOCALIZACIÓN
09/01/2015	RESCATE DE LOS SUPERVIVIENTES DEL HUNDIMIENTO DE UN PESQUERO EN CABO VERDE. Dos aeronaves del 802 Escuadrón localizaron y rescataron en la madrugada del día 9 de enero a siete naufragos, supervivientes del hundimiento del barco pesquero de bandera caboverdiana, entre las islas de Fogo y Brava, en el archipiélago de Cabo Verde	CABO VERDE
09/09/2015	BÚSQUEDA DE UN AVIÓN AMBULANCIA QUE SE ESTRELLÓ EN SENEGAL. Un avión CN-235 del 802 Escuadrón participó en las tareas de búsqueda de la aeronave de evacuación sanitaria de SenegalAir que desapareció a unas 60 millas al oeste de Dakar.	
22/10/2015	ACCIDENTE HELICÓPTERO SÚPER PUMA Un helicóptero Súper Puma del 802 Escuadrón cae al Océano Atlántico cuando regresaba a Gran Canaria tras participar en una misión de adiestramiento de salvamento y rescate en Dakar con las Fuerzas Armadas de Senegal.	

## **OTRAS MISIONES DESCATABLES ENCOMENDADAS A LA UNIDAD**

2000 Y 2001. Ofrecer cobertura aérea durante desplazamientos de aeronaves de combate del Ala 46. Se realizó un salto de aviones tipo F-18, desde España a Canadá, cuya cobertura fue dada por un avión Fokker-27 y un Helicóptero Súper Puma, éste último con base en "FLORES" Y "SANTAMARÍA" (Islas Azores-Portugal).

2002. Cobertura aérea realizada a los dos aeronaves del tipo "caza y ataque" del Ejército del Aire, en un desplazamiento desde España a Alaska, concretamente en la localidad de "EILSON", al objeto de participar en el ejercicio "COPE THUNDER 02". Para dicha cobertura se utilizaron un Helicóptero Súper Puma de Madrid, posicionado en Santander, así como un Fokker-27 y un Helicóptero Súper Puma del 802 Escuadrón, posicionados en "Keflavik", dando cobertura a los cazas hasta "Goose Bay".

2003. Cobertura aérea realizada a aviones C-101 de la Patrulla Acrobática "Águila", del Ejército del Aire, en una operación denominada "Águila Polar", durante su desplazamiento a los Estados Unidos de América para participar en una exhibición.

2004. Cobertura aérea durante los viajes de ida y regreso, para el salto del Océano Atlántico de las aeronaves que participaron en el Ejercicio "Red Flag". Sólo participó el Fokker-27.

2005. Desde el año 2005 hasta el 2013, tripulaciones del HD21 y personal de mantenimiento a las aeronaves en tierra, pertenecientes al 802 Escuadrón, han participado en rueda con los otros dos escuadrones SAR, el 801 y el 803, para desempeñar las labores de apoyo aéreo en Afganistán, como misión de mantenimiento de la paz en este país, en un destacamento denominado HELISAF, ubicado en la Base Aérea de Herat (Afganistán).

2006. En el mes de mayo de 2006 comenzó por parte de la Unidad la participación de los aviones Fokker-27 en la vigilancia de una amplia zona en las aguas del sur de las Islas Canarias, en la operación denominada "Noble Centinela", al objeto de localizar y realizar seguimientos de las embarcaciones de tipo cayuco o patera, que transportaban inmigrantes ilegales procedentes de las zonas subsaharianas del continente africano. Estas vigilancias marítimas finalizaron en el mes de mayo de 2010.

2007. Cobertura aérea realizada para el piloto D. Ramón Morillas, que realizó el salto directo en paramotor entre la Península Ibérica y la isla de Lanzarote, con el objeto de batir el record mundial de distancia volada en este medio sin tocar ningún punto de tierra.

2007. Cobertura aérea realizada a un Teniente Coronel Piloto D. Fernando Roselló, que realizó el salto directo en un "autogiro" entre Marruecos (El Aaiun) y las Islas Canarias (Fuerteventura y Lanzarote).

En los años 2007 y 2008, se realizaron coberturas aéreas a aviones F-18 del Ejército del Aire, en sus desplazamientos a los Estados Unidos, para participar en ejercicios conjuntos.

2009. Primera cobertura aérea realizada a aviones F-18 del Ejército del Aire, en su desplazamiento a través de todo el continente africano de norte a sur y regreso. El 802 Escuadrón participó en la llamada operación "Cruz del Sur", dando cobertura a aviones F-18 del Ejército del Aire, desde Madrid hasta "OVERBERG" (República de Sudáfrica), al objeto de realizar pruebas en aquel lugar del misil "Taurus". Dicha cobertura aérea fue realizada por un avión Fokker-27, posicionado en Libreville (Gabón), y con un helicóptero Super Puma, también del 802 Escuadrón, posicionado en su caso en "Nouadhibou" (Mauritania), al objeto de acompañar al Fokker en su desplazamiento a Libreville.

## **MÁS MISIONES DESCATABLES ENCOMENDADAS A LA UNIDAD**

2013. Como consecuencia de los Acuerdos SAR entre Senegal y España, se celebró en Dakar, Senegal, entre los días 21 y 23 de Noviembre, el ejercicio de búsqueda y salvamento DAKSAR 2013 por siniestro aéreo. Al mismo acudió una Delegación española compuesta por 18 miembros del 802 Escuadrón de FF.AA y RCC Canarias, un avión C235 y un helicóptero Súper Puma. Al mismo asistieron todos los organismos de seguridad y emergencias de Senegal implicados en el ejercicio, la Delegación española y una Delegación del Destacamento permanente francés representando a Operaciones y al avión Atlantic.

2014. En octubre de 2014, y en el marco de colaboraciones del Ejército del Aire español en materia SAR, con los países vecinos del archipiélago canario, se celebró el Curso coordinador SAR con Mauritania y Senegal en Canarias. Su objetivo era mejorar la formación y aptitud del personal civil y militar de Mauritania y Senegal, de cara a la reciente creación y puesta en servicio del Centro Coordinador de Salvamento (Rescue Control Center RCC, en sus siglas en inglés) de Nouakchott. Ha sido impartido por coordinadores SAR del RCC Canarias. La delegación africana, estaba compuesta por siete militares de la Fuerza Aérea Islámica de Mauritania y de la Aviación Civil de Senegal.

2014. En octubre de 2014, se celebraron distintos actos y reuniones bajo el marco de los acuerdos que en materia SAR unen a la República de Cabo Verde y al Reino de España. Estas relaciones han facilitado las coordinaciones en misiones reales SAR conjuntas, como las que se realizaron durante las labores de búsqueda de los restos del avión de la compañía aérea 'Air France' siniestrado el 1 de junio del 2009, en aguas del Océano Atlántico. Fruto de la estrecha colaboración de la 'Guarda Costeira' con el RCC Canarias, fue también la cooperación realizada durante dos semanas en la isla de San Vicente, por personal del citado RCC y posteriormente por medios aéreos del 802 Escuadrón de Fuerzas Aéreas, que propiciaron la categorización de internacional del aeropuerto 'Cesarea Évora' de la citada isla y la consecución de un plan de emergencias general del hospital general de la ciudad de Mindelo.

2015. En mayo de 2015 regresaron a la base de Gando 12 militares que participaron en el XXII Contingente, 40ª Rotación del Destacamento Orión, con base en Yibuti (África) para el control de la piratería en el Océano Índico (Misión Atalanta), habiendo permanecido en zona de operaciones por un periodo de 2 meses. También regresó el avión CN235 (VIGMA) que ha participado en dicha misión internacional con 4 pilotos y 2 mecánicos de vuelo a bordo.

2015. En septiembre 2015, el 802 Escuadrón de Fuerzas Aéreas ha participado en el ejercicio de simulacro de accidente aéreo "CAVSAR 2015", que ha tenido lugar entre las Isla de San Vicente y Santo Antao en Cabo Verde. En un escenario marítimo, se ha simulado el amerizaje de un avión de pasajeros de una hipotética línea aérea civil, participando directamente en las labores de búsqueda y rescate un helicóptero de la Unidad y como observador en el centro de operaciones (JRCC), un miembro del RCC Canarias. En el ejercicio se han involucrado diferentes Cuerpos y Organismos de Seguridad, Sanitarios y de Emergencias siguiendo el modelo utilizado en la resolución de este tipo de accidentes de múltiples víctimas en España.

2015. En septiembre 2015, se produjo el 43º relevo del Destacamento Orión, encuadrado en el marco de la Operación Atalanta, con base en Yibuti, para la vigilancia de la piratería en la zona del Cuerno de África. El despegue del avión D.4, CN-235 VIGMA, perteneciente al 802 Escuadrón de Fuerzas Aéreas, ubicado dentro de la Base Aérea de Gando, se produjo a la mañana siguiente, el sábado día 19. La tripulación para este largo vuelo estuvo formada por cuatro pilotos y dos tripulantes de apoyo a la misión.

2015. En julio de 2015 se lanzó en España el EUNAVFOR MED SOPHIA, cuyo objetivo es realizar los esfuerzos encaminados a terminar con la tragedia humanitaria que se está produciendo en el Mediterráneo por las redes de tráfico de personas, para prevenir flujos de migración irregular y evitar que muera más gente en el mar.

Imágenes de misiones:



*Imágenes de la Aeroevacuación de un pasajero enfermo grave desde el crucero “Costa Mediterránea” (Marzo 2012)*



*Buque Esperanza del Mar, punto de encuentro en muchas de las aeroevacuaciones.*



*Evacuación aérea de un tripulante de la embarcación a remos Toby Wallace (Noviembre 2014)*



*Repliegue militares participantes en el XXII Contingente, 40ª Rotación del Destacamento Orión, con base en Djibouti (Mayo 2015)*



*Participación en simulacro de accidente aéreo “CAVSAR 2015” en Cabo Verde (Septiembre).*



*Participación en simulacro de accidente aéreo "DAKSAR 2013" en Senegal (Noviembre 2013)*

#### 4. COLABORACIONES DEL SAR CON OTROS ORGANISMOS E INSTITUCIONES

Desde la creación del servicio SAR y hasta la última década del siglo pasado, los únicos medios aéreos disponibles en España fueron los del Ejército del Aire, quien asumió todas las misiones SAR incluidas las de urgencias médicas, emergencias civiles y el salvamento marítimo. Pero la mayor parte de las operaciones de salvamento llevan asociadas la intervención de otros organismos, dependiendo del lugar donde se producen los accidentes y de los efectos colaterales que pueden originar. Por tanto, no se concibe una actuación de este tipo de forma independiente. Es preciso el apoyo y colaboración de otros medios especializados en la materia o con responsabilidades afines a las del propio SAR.

Así pues, los primeros acuerdos firmados por el Ejército del Aire para regular estas colaboraciones lo fueron con la Guardia Civil, la Cruz Roja y el Instituto Social de la Marina (Ministerio de Trabajo).

Debido al gran número de misiones del SAR dedicadas a incidentes de carácter marítimo, fue necesario desde el principio establecer un convenio para el salvamento de vidas humanas en la mar y lucha contra la contaminación marina, que se firmó con la antigua Dirección de Marina Mercante, responsable en esta materia y reconvertida en la actualidad como Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR).

En la base de estos acuerdos está la colaboración mutua, que comprende la solicitud de medios por el organismo responsable de las operaciones al organismo que apoya y de la misma forma en sentido recíproco, de manera que ninguno invada las competencias de los otros y al mismo tiempo se coordine un empleo racional de los medios disponibles.

Por otra parte la Comunidad Autónoma de Canarias se ha dotado también a través de las Consejerías de Sanidad y Presidencia, de helicópteros y otros medios para dirigir la gestión de emergencias a través del conocido servicio 112.

La correcta integración de todos estos servicios en una misión determinada, no es algo que pueda improvisarse, puesto que la misión real exige un perfecto conocimiento de la situación y de las capacidades operacionales de los organismos colaboradores.

Conscientes de esta realidad, el 802 Escuadrón viene realizando cada año un ejercicio (Ejercicio CANASAR) en el que se simula un accidente aéreo, con participación de los organismos anteriormente mencionados, aparte de varios más. Se persigue con ello, no sólo mejorar las buenas relaciones entre profesionales con actividades afines, sino ser capaces de integrar, en un mismo dispositivo, personal y medios, obteniendo el máximo rendimiento de cada uno de ellos.



*Simulacro accidente aéreo CANASAR. Colaboración con otros organismos de emergencia de Canarias.*

## DISTINCIONES OTORGADAS A LA UNIDAD

La actividad del 802 Escuadrón y del RCC de Canarias, no ha pasado desapercibida. Instituciones de diversa índole han estimado reconocer y premiar esta labor, lo que constituye un motivo de orgullo y agradecimiento para todos los miembros que lo componen y un estímulo para resolver con éxito los desafíos del futuro.

Esta son por orden cronológico las distinciones de la Unidad.

- 1968. Agradecimiento de la Global Marine Europe Limited.
- 1971. Agradecimiento del Consulado Alemán por el servicio prestado al barco "Catarina Wiarts".
- 1976. Personaje del año en la isla de Fuerteventura.
- 1980. Homenaje de la Mancomunidad Interinsular Provincial de Las Palmas.
- 1980. Homenaje de la Isla de La Palma.
- 1981. Medalla de Plata al capitán Patricio Ibáñez Lara, medalla de Bronce al teniente Peregrino García Pérez y al brigada Felipe Franco Mondoruzza concedidas por la Sociedad Española de Salvamento de Náufragos.
- 1981. Trofeo "Spirit Of The Meet", concedido en el "Internacional Air Tatro" en Gran Bretaña.
- 1988. Premio de Economía y Marketing 1987, concedido por el Presidente del Gobierno de Canarias.
- 1991. Medalla al mérito de protección civil con distintivo azul, concedida por la Dirección General de Protección Civil.
- 1994. Medalla Aérea Colectiva, concedida por R.D. 216/1994, de 04 de febrero de 1994.

El 24 de Junio de 1.994, en la Base Aérea de Gando y con la presencia de SS.MM. LOS RE-

YES DE ESPAÑA, esta condecoración fue entregada al 802 ESCUADRÓN DE FF.AA., recibiendo el Tte. Coronel Jefe del citado Escuadrón D. Aquilino Sanesteban Cao, de manos de S.M. EL REY D. JUAN CARLOS I, el Banderín de la citada condecoración. En la entrega de la citada condecoración se encontraban todas las autoridades civiles y militares tanto de las islas como así mismo el Excmo. Sr. General Jefe del Estado Mayor del Aire D. Ignacio Quintana Arévalo, quien pronunció una alocución emotiva del 802 Escuadrón.

En el discurso de S.M. el Rey D. Juan Carlos se destacaba: "...Esta medalla es la máxima recompensa militar que se puede alcanzar en tiempo de paz y se concede con carácter excepcional a las unidades orgánicas cuya actuación se signifique por méritos o servicios que supongan valor distinguido unido a virtudes militares y profesionales sobresalientes..."

- 1996. Premio V Edición de la Distinción de Humanidades, concedido por Rotary Club de Maspalomas.
- 1998. Master Europeo, concedido el 03 de junio de 1998.
- 2004. Medalla de Plata de la Sociedad Económica de Amigos del País de Gran Canaria.
- 2005. Timón de Oro de la Federación Nacional de Agencias de Viaje.
- 2005. Medalla del Centenario concedida por el pleno de la Cámara de Comercio y Navegación de Las Palmas.
- 2005. Premio II Edición de la Distinción de Humanidades concedido por Rotary Club de Maspalomas.
- 2007. Premio "Imagen de la Isla del Hierro", concedido el 08 de octubre de 2007.
- 2007. Encomienda de la Orden de Isabel la Ca-



*Acto de entrega de la Medalla Aérea Colectiva. Banderín de la condecoración. 1994.*



*Acto de entrega de la Medalla de Oro de Canarias (mayo 2014)*

tólica concedida al Jefe del Escuadrón teniente coronel Julio Arcas Bermúdez, por Real Resolución del 23 de junio de 2007 y refrendada por el Ministro de Asuntos Exteriores y de Cooperación el 23 de julio de 2007.

- 2007. Cruz de la Orden del Mérito Civil concedidas al brigada José M. Amat García y al sargento 1º Víctor Marcos Delgado, por Real Resolución del 23 de junio de 2007 y refrendada por el Ministro de Asuntos Exteriores y de Cooperación el 23 de julio de 2007.
- 2009. Medalla al Mérito Aeronáutico de la Protección Civil (distintivo azul) concedida por el Ministerio del interior.
- 2009. Placa de Plata y Diplomas concedida por el Centro de Iniciativas y Turismo de Gran Canaria.
- 2011. Distinción del Cabildo de Gran Canaria.
- 2014. Medalla de Oro de Canarias a la labor del SAR dentro de los actos institucionales del Día

de Canarias celebrados en el Teatro Guimera de Santa Cruz de Tenerife. Fue entregada por el Presidente del Gobierno Canario, Paulino Rivero y recogido por el Jefe del 802 Escuadrón del SAR, Fernando Rubín Maté. Acto celebrado el día 30 de Mayo.

- 2014. Entrega del galardón Océanos 2014 al SAR de manos del Presidente de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos y que fue compartido por el buque hospital "Esperanza del Mar" y Salvamento Marítimo y que se celebró en la sede del Real Club Náutico de Gran Canaria.
- 2016. Premio Sabino Fernández Campo (IV Edición), premio auspiciado bajo el patrocinio de ABC y BBVA y entregado por el Excmo. Sr. Ministro de Defensa Pedro Morenés Eulate en la Capitanía General de Sevilla al operativo del rescate del helicóptero del 802 Escuadrón siniestrado el pasado 22 de octubre de 2015. Este premio fue compartido con la Armada.



*Acto de entrega del Premio Sabino Fernández Campos (marzo 2016)*

**Este artículo pretende ser un homenaje a todos aquellos que de una forma u otra, han formado parte de esta emblemática Unidad y, han logrado con su entrega, dedicación, trabajo, esfuerzo y sacrificio diario, a lo largo de más de 60 años, ser parte de la historia aeronáutica y social del archipiélago canario. Recordando muy especialmente a aquellos que en el cumplimiento de su deber, entregaron sus vidas en pro de los demás. Como parte de ese grupo humano que integra el Servicio de Búsqueda y Salvamento en Canarias, "SAR" del Ejército del Aire, quiero dar las gracias al pueblo CANARIO, por su apoyo en los momentos difíciles (que los hemos tenido), su comprensión (cuando la hemos necesitado) y por el cariño siempre demostrado.**

# Protección Catódica en Acumuladores de Agua Caliente Sanitaria (ACS)



Alberto Cremades Díaz

Jefe del Servicio de Mantenimiento  
Complejo Hospitalario Universitario Insular Materno-Infantil

## RESUMEN

**L**a legionelosis es una enfermedad provocada por una bacteria de origen ambiental que puede ser adquirida, bien en el ámbito comunitario o en el hospitalario y que, dado su mecanismo de entrada al organismo a través de las vías respiratorias, se encuentra asociada a diferentes tipos de instalaciones y sistemas que requieren de agua para su funcionamiento.

La relevancia de esta enfermedad, de obligada declaración desde 1995, proviene de su frecuente presentación en forma de brotes, por su letalidad en personas de edad avanzada o con enfermedades subyacentes, así como por su impacto en la economía, especialmente en aquellas autonomías con fuerte dependencia turística, como es la Comunidad Autónoma de Canarias.

Los centros hospitalarios disponen de muchas de estas instalaciones, producen aerosoles y pueden ser susceptibles de ser focos para la propagación de la legionelosis (torres de refrigeración, sistemas de agua caliente sanitaria con acumulador y circuito de retorno, equipos de terapia respiratoria, etc.), pero no se debe despreciar que el principal motor económico de las islas, el sector turístico, dispone en sus hoteles y complejos de apartamentos, muchas de estas mismas instalaciones proclives a la colonización de la bacteria, incrementada con otras adicionales destinadas al esparcimiento y relax de sus clientes (piscinas, spa, jacuzzi, bañeras de hidromasaje, entre otros).

Atendiendo a los datos extraídos de la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica, de los brotes en los que se ha podido diagnosticar la posible causa, durante el periodo comprendido entre 1999-2011, en más de un 50% de los casos estaba implicado el sistema de agua sanitaria.

El presente artículo recoge una visión retrospectiva del desarrollo normativo y su aplicación, hasta la fecha, en relación a la legionelosis y desarrolla el caso práctico de la sustitución de los acumuladores de Agua Caliente Sanitaria (ACS) en el Hospital Universitario Insular de Gran Canaria (HUIGC) perteneciente al Complejo Hospitalario Universitario Insular Materno-Infantil, exponiendo los motivos, evidencias, justificación, resultados obtenidos y conclusiones alcanzadas, por si esta experiencia puede facilitar la toma de decisiones en otros centros hospitalarios, hoteles, residencias, etc., donde se presenten situaciones similares, que serán siempre reflejo de la calidad del agua en su zona de abastecimiento.

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos 15 años, desde la entrada en vigor del Real Decreto 909/2001, ya derogado por el Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, *por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis*, ha existido un creciente interés en los aspectos tanto técnicos como informativos en relación con la enfermedad de la Legionella; el primero motivado por los responsables y técnicos de mantenimiento que gestionan instalaciones susceptibles de ser colonizadas por la bacteria,

junto a la labor de vigilancia y control de Salud Pública, y el segundo, por la alarma social que los diferentes brotes de dicha enfermedad salpican, de forma periódica, las noticias en prensa y televisión, asociado en ocasiones al fallecimiento de ciudadanos.

Algunos aspectos de la legislación como, por ejemplo, la clasificación de instalaciones de *menor probabilidad de proliferación y dispersión de Legionella*, así como la ausencia de anexos específicos para éstas en el mencionado decreto, han creado la falsa percepción de menor riesgo técnico y han restado importancia al cumplimiento obligatorio de los programas de mantenimiento en estas instalaciones (sistemas de agua fría de consumo humano, fuentes ornamentales, riego por aspersión, sistemas de agua contra incendios, etc.) siendo muchas de ellas las causantes en nuestro país de brotes significativos. Es más, en ocasiones por intentar cumplir determinados aspectos se han descuidado otros que no tienen mucho seguimiento desde el punto de vista sanitario y que resultan indispensables para la minimización del riesgo en este tipo de sistemas. Una rápida ojeada por los casos notificados nos muestra, según podemos observar en la Figura N° 1, la distribución de los episodios por comunidades autónomas.

En fechas más recientes, uno de los últimos brotes de finales de 2015, en Ciudad Real, fue causado curiosamente, por una de estas instalaciones de “menor riesgo” (fuente municipal), teniendo como resultado: 4 fallecidos, 237 afectados. En Canarias, los casos confirmados el año pasado ascendieron a dieciséis frente a los siete del 2014.

Por ello, debe mantenerse de forma continua una actitud de vigilancia, revisión crítica y control de los procedimientos y programas de mantenimiento desarrollados de acuerdo a la reglamentación en vigor, con el fin de minimizar el riesgo de que en cualquiera de las instalaciones (mayor y menor probabilidad de riesgo) pueda proliferar y diseminarse la Legionella, habida cuenta que su desaparición es una utopía dado su carácter ambiental.

Un análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) tras el tiempo transcurrido desde la aparición del Real Decreto 865/2003 y su entrada en vigor, ofrece aún incertidumbres sin resolver, aunque determinados aspectos se han visto reforzados y queda margen de mejora y crecimiento en su desarrollo normativo y aplicación (Ver Figura N° 2).

Cierto es que el RD 865/2003 es un reglamento higiénico-sanitario y la normativa técnica en vigor, relacionada con la legionelosis, se encuentra dispersa en diferentes reglamentos y normas, pero el Ministerio de Sanidad y Consumo, al publicar la Guía Técnica que desarrolla el Real Decreto 865/2003, ahonda también en aspectos técnicos concretos, siempre recordando que se trata de una guía de buenas prácticas y no implica cumplimiento.

En resumen, se podría esgrimir la existencia de cierta “desconexión” entre la visión técnica y la sanitaria así como lo complejo que es alcanzar la trazabilidad y correcta aplicación de este Real Decreto, cuando sin control exhaustivo se han diseñado y ejecutado diferentes instalaciones en origen de forma errónea, y se exige posterior-

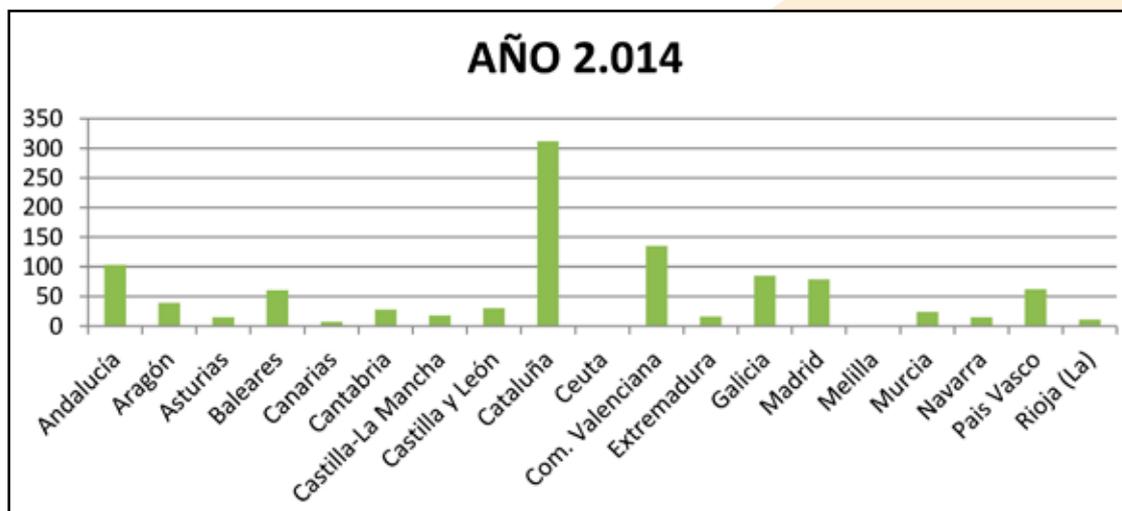


Figura N°1: Casos Notificados Legionelosis en España. Fuente Enfermedades de Declaración Obligatoria. Centro Nacional de Epidemiología.



Figura N°2: Análisis DAFO aplicación Real Decreto 865/2003

mente en la fase de explotación (mantenimiento), aspectos ya en ese momento, inalcanzables de conseguir.

## 2. SITUACIÓN DE PARTIDA

Las instalaciones de Agua Caliente Sanitaria (ACS) y, en particular, los acumuladores montados en las diferentes subcentrales térmicas de los edificios reformados y/o ampliados del Complejo Hospitalario Universitario Insular Materno-Infantil, han ofrecido deficiencias “repetitivas” en sus etapas de diseño y montaje:

- Disparidad y mezcla de materiales utilizados (pares galvánicos que incrementan el riesgo de los fenómenos de corrosión).
- Incorrecta elección de materiales en equipamiento y redes de distribución.
- Ejecución incompleta de aislamientos (corrosión externa superficial debajo del calorifugado).

- Ausencia de purgas en partes bajas.
- Inexistencia de boca de hombre en los depósitos de 1.500 litros (El CTE exige que los acumuladores mayores de 750 litros dispongan de una boca de hombre con diámetro interior mínimo de 400 mm).
- Tramos de la red, en donde coincidían la entrada de agua con la purga.
- Anomalías en el recubrimiento interior de los acumuladores: embolsamiento, grietas y caídas del revestimiento hasta desencadenar en procesos de corrosión. Los choques térmicos y los sistemas de desinfección propician daños del revestimiento interior, por lo que en la mayoría de aguas es imprescindible una adecuada protección catódica.
- Acumuladores de ACS que no cumplen la Norma UNE 112076, equipados con sistemas de protección catódica que incumplen la norma UNE-EN 12499.



Foto N° 1: Defectos de la instalación de ACS: Pares galvánicos. Cordones oxidados de soldadura interior. Ampollamiento y caída de revestimiento interior de los acumuladores. Corrosión puntual y generalizada.

Algunas de estas deficiencias pudieron ser resueltas o minimizadas, al ser detectadas en el transcurso operativo, a través de las tareas de conservación y mantenimiento, pero otras anomalías condicionaban la salubridad y requerían soluciones drásticas, como la sustitución de los acumuladores con la correspondiente inversión económica que ello conllevaba.

La primera pregunta que nos surgió, al Servicio de Mantenimiento y Obras, fue el deterioro tan rápido que habían tenido las instalaciones de acumulación de agua caliente sanitaria, diseñadas y ejecutadas por terceros, al sucumbir en un periodo de tiempo de funcionamiento tan corto (inferior a los 9 años), frente a su esperable vida útil; y los motivos por los que el revestimiento de los distintos depósitos desde las iniciales actuaciones de mantenimiento preventivo recogidas en el RD 865/2003 (limpieza y desinfección) ya ofrecían incipientes ampollas, y en el transcurso del tiempo, desprenderse y provocar la irreversible oxidación y corrosión interior de los mismos.

La respuesta, tras analizar en profundidad lo sucedido, se encuentra en gran medida, en

la combinación de la calidad y composición del agua de abasto y sus variaciones en el transcurso del tiempo, junto a las premisas que el Real Decreto 865/2003 obliga a llevar a cabo para la prevención de la legionelosis: almacenamiento a 60°C, procesos periódicos de desinfección térmica (elevación de la temperatura hasta 70°C) o desinfección química (empleando biocidas, generalmente soluciones de hipoclorito en proporción estipulada acorde al tiempo de contacto).

El agua fría de consumo humano (AFCH) proviene de agua desalada procedente del mar junto a las aportaciones subterráneas de pozos, galerías, etc., en un 'mix' que junto al tratamiento preceptivo, debe abastecer a los diferentes consumidores cumpliendo el Real Decreto 140/2003, de 7 de Febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano y controladas a través del SINAC.

El Complejo Hospitalario, recibe periódicamente analíticas (Ver Tabla N° 1) procedentes del Organismo Gestor (EMALSA) en las que se cumple con los valores límites obligatorios recogidos en el RD 140/2003, datos que se cotejan con el

	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016
Conductividad (µS/cm a 20°C)	530	571	549
Calcio (mg/L)	Datos no disponibles		
Cloruros (mg/L)	147.2	168.2	147.4
Sulfatos (mg/L)	0.0	0.0	0.0

Tabla N° 1: Resultados de Análisis. Red Gran Depósito. Fuente: EMALSA.

autocontrol desarrollado por empresa auditora contratada para el análisis del agua en los diferentes circuitos e instalaciones.

Ahora bien, existen determinados parámetros, como la conductividad, cloruros, calcio y sulfatos cuyos valores, aún siendo reglamentarios, deberían condicionar el diseño y materiales a usar en las instalaciones de ACS de los edificios comunitarios (hospitales, hoteles, residencias de mayores,...) dada su más que demostrada influencia en el fenómeno electroquímico que es la corrosión.

### 3. SOLUCIÓN PROYECTADA Y EJECUTADA

A raíz de los defectos observados, el conocimiento de la instalación y de la amplia reglamentación en vigor, pero con las limitaciones tanto de espacio (se diseñan y construyen las salas técnicas sin tener en cuenta la sustitución previsible del equipamiento de grandes dimensiones), como de mantener la continuidad del suministro de agua caliente sanitaria, el Servicio de Mantenimiento y Obras proyectó, para el Ala Sur del Hospital Insular, sustituir los acumuladores, acondicionando para ello una zona ubicada en el patio interior, bajo una pasarela de comunicación.

Se habilitó este espacio constituido por una estructura metálica, con suelo de tramex, disponiendo para el apoyo de los acumuladores, placas de reparto para soportar las cargas puntuales (Ver Foto N° 2).

Se prolongaron las tuberías desde el interior de la subcentral existente hasta los nuevos puntos de enganche de los subsistemas (plantas altas y plantas bajas) en el exterior. El conjunto de la red de tubería de ACS se ejecutó en acero

inoxidable 316 L, con manguito electrolítico a la entrada y salida de cada acumulador para evitar pares galvánicos. Se diseñó red de saneamiento para conducir el vaciado de los acumuladores (mediante electroválvulas), localizándose tubería de saneamiento, en sala de climatizadoras próxima y se instalaron purgas, aireadores y válvulas de seguridad.

Se dotó, a la nueva zona técnica, de instalación de alumbrado y tomas de corrientes para tareas de mantenimiento y conservación, y se habilitó un cuadro auxiliar de control de electroválvulas.

El sistema de control permaneció invariable, realizando nuevas tiradas de cable de forma continua y sin conexiones intermedias desde el cuadro PR (controlador) hasta las sondas de temperatura de los acumuladores para evitar pérdidas de señal.

La instalación se realizó con los subsistemas en funcionamiento al objeto de mantener en servicio la distribución de ACS al hospital, sin modificar el esquema de principio de la instalación proyectada y ejecutada inicialmente (Ver Figura N° 3).

La capacidad de los acumuladores se respetó (2 x 5.000 litros Plantas Altas y 2 x 5.000 litros Plantas Bajas), pero se exigieron depósitos con especificaciones acorde a la normativa en vigor y con el objeto prioritario de evitar su corrosión interior, máxime cuando los productos de la corrosión favorecen el crecimiento microbiano.

Por todo lo anterior, se exigió el cumplimiento de la norma UNE 112076 "Prevención de la corrosión en circuitos de agua", que supuso para



Foto N° 2: Acondicionamiento del espacio para habilitar nueva subcentral térmica de ACS (Ala Sur del HUIGC).

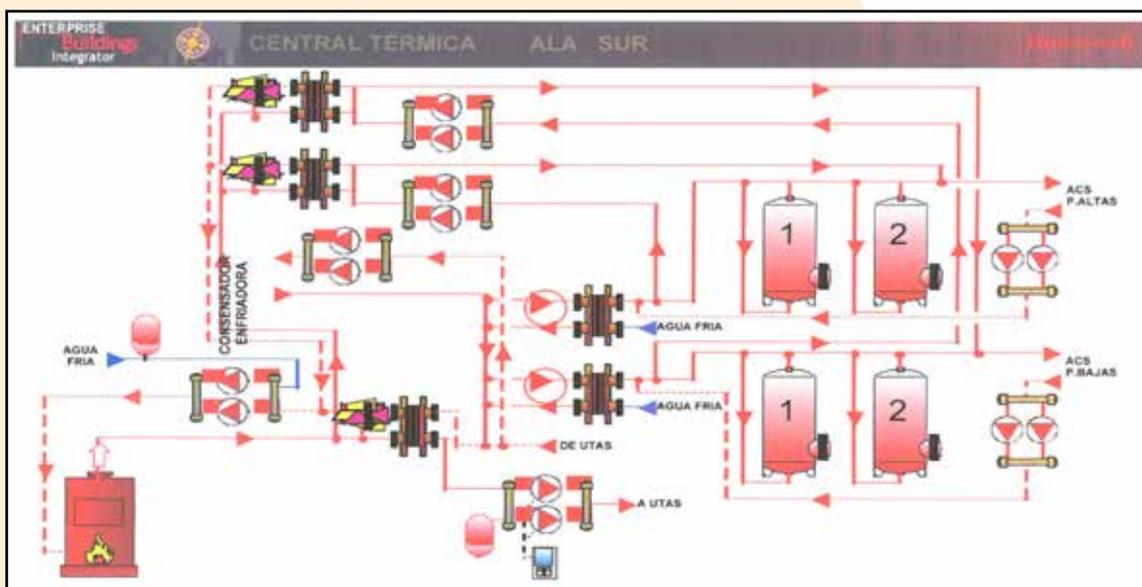


Figura N°3: Esquema de Principio de ACS: sinóptico extraído del Sistema de Gestión Técnica Centralizada.

nosotros una herramienta muy valiosa en el control de los episodios de corrosión que a la postre, ponen hierro en circulación y, por lo tanto, fuente de alimento y de cobijo para la legionelosis. Esta norma conlleva (Ver Figura N° 4):

- Acumuladores verticales calentados por intercambiador exterior de placas, equipados con boca de hombre de diámetro interior mínimo de 400 mm situada en uno de los laterales del depósito y cerca del suelo.
- Disponer, en su parte superior, la salida de agua caliente bajada 3 cm dentro del depósito; y una toma de 1/2" que permita una purga eficaz de gases.
- En el fondo inferior disponer de manguito que permita una purga de lodos suficiente.
- La longitud de todos los manguitos del acumulador no deben superar 1,5 veces su diámetro.

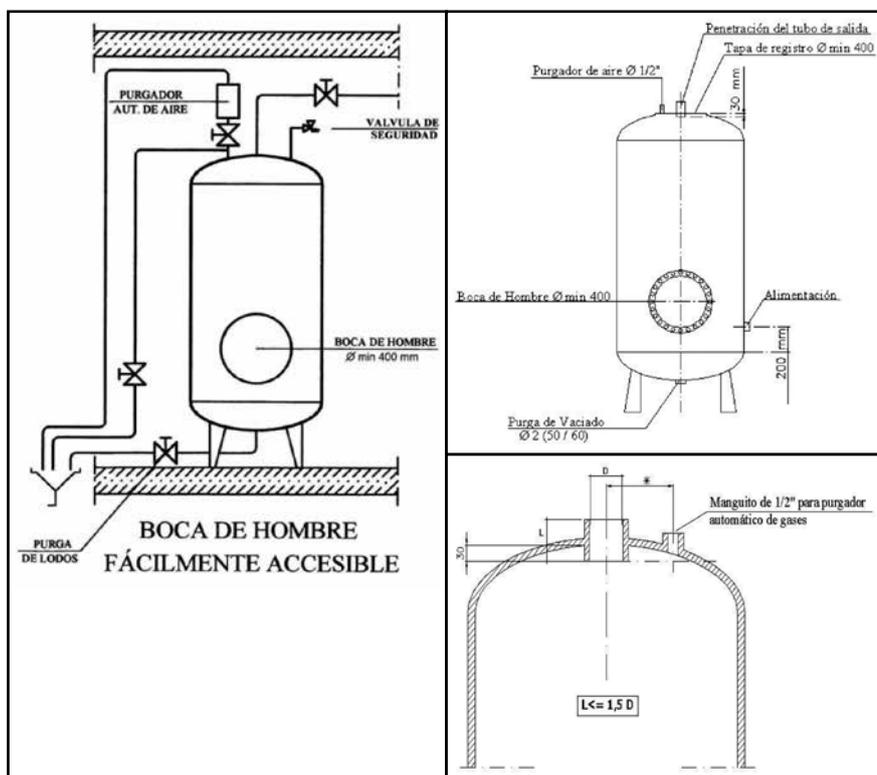


Figura N°4: Criterios constructivos en acumuladores.

Igualmente, se exigió la instalación de un sistema de protección catódica acorde a la norma UNE-EN 12499 "Protección catódica interna de estructuras metálicas", que evitase el inicio de los procesos de corrosión en el interior de los acumuladores, no enviando óxido al circuito de agua caliente sanitaria, lo que provoca esa coloración marrón del agua tan molesta para los usuarios.

La justificación de esta decisión se encuentra en la calidad del agua fría de consumo humano que recibe el Complejo Hospitalario, cuyos parámetros analizados, tal y como se expone en la Tabla N° 2, aconsejan para cualquiera de los valores límites reflejados en la segunda columna, de forma individual, disponer de un sistema de protección catódica.

	VALORES MÁXIMOS RD 140/2003	NECESIDAD DE PROTECCIÓN CATÓDICA
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C)	<2.500	>500
Calcio (mg/L)	<250	<100
Cloruros (mg/L)	<250	>100
Sulfatos (mg/L)	<250	>100

Tabla N° 2.- Parámetros que condicionan la instalación de un sistema de Protección Catódica particularizado.

Los depósitos, en el presente caso, serían de acero al carbono revestidos interiormente con una pintura epoxi de calidad alimentaria de al menos 200 micras de espesor, preparado dicho revestimiento para soportar: las desinfecciones químicas (productos derivados del hipoclorito principalmente), desinfecciones térmicas (elevación de la temperatura hasta 70°C), resistencia tanto a los pH elevados que origina la protección catódica como al “disbonding” (despegue del revestimiento). En su exterior, aislamiento de poliuretano inyectado y forro protector. (Ver Fotos N° 3 y N°4).

#### 4. EXPERIENCIA Y MONITORIZACIÓN

Transcurridos cinco años desde la remodelación de la instalación de ACS, no se han detectado episodios de corrosión en la red de distribución, ni deterioros en el revestimiento interior (embolsamientos, ampollas, etc.) de los acumuladores.

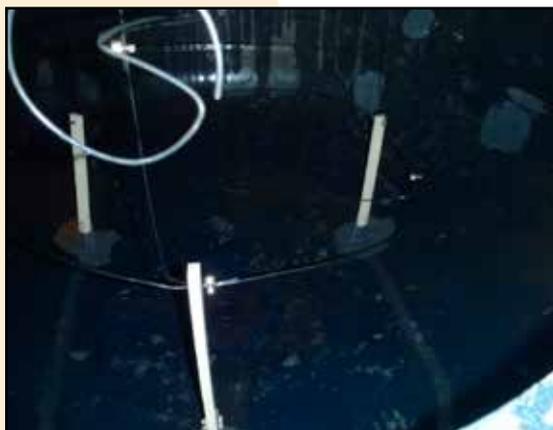
Durante este período se han realizado todas las actuaciones preventivas recogidas en el Anexo 3 *Mantenimiento de instalaciones interiores de agua caliente sanitaria y agua fría de consumo*



Foto N° 3: Proceso de montaje de los nuevos acumuladores en subcentral habilitada (Ala Sur del HUIGC).



Cuadros rectificadores



Detalle interior del acumulador y montaje de ánodo de titanio



Detalle puesta a tierra del acumulador



Ajuste y comprobación de los valores de protección

Foto N° 4: Montaje e interior de sistema de protección catódica por corriente impresa.

humano del RD 865/2003, incluyendo las limpiezas y desinfecciones térmicas o químicas periódicas.

Por supuesto, se ha llevado cada seis meses (aprovechando la limpieza de los acumuladores) las revisiones del sistema de protección catódica impresa instalado de acuerdo a lo prescrito por el proveedor (**Guldager Electrólisis**), tanto del equipo rectificador automático, como de los elementos de protección: ánodos, soportes, electrodos, etc.

A continuación mediante breve reportaje fotográfico, se resume, el proceso de sustitución de otra subcentral térmica, Ala Oeste del HUIGC (2 x 1.500 litros), realizada durante el año 2015 (Ver Foto N° 5).

En el presente año 2016 se está proyectando, por parte del Servicio de Mantenimiento y Obras, las reformas necesarias (sustitución de acumuladores y red de tuberías), de las dos subcentrales del Hospital Universitario Materno-Infantil de

Canarias (HUMIC), siguiendo las líneas de actuación anteriores, acorde a los resultados satisfactorios obtenidos, y consecuencia de los mismos defectos observados.

## 5. CONCLUSIONES

Atendiendo a la valoración de la entrada en vigor y aplicación del RD 865/2003, y a la vista de nuestra experiencia, sería del todo recomendable:

- Analizar la viabilidad de implantar visados de calidad en la etapa de diseño (similar a lo realizado en otras instalaciones: Baja Tensión, PCI...), pues permitiría controlar que el proyecto de las instalaciones cumple y recoge los preceptos del Real Decreto (idoneidad del diseño, equipos de tratamiento, etc.).
- Promover, en la etapa de ejecución de obras, que existan Empresas Colaboradoras con Salud Pública (tipo OCA) que verifiquen la idoneidad de la ejecución (materiales empleados, existencia de purgas,...).



Vista General de la ubicación de acumuladores



Vista General de los acumuladores situados



Inicio de los trabajos de desarrollo de tuberías



Vista General de los conexiones hidráulico y desagüe



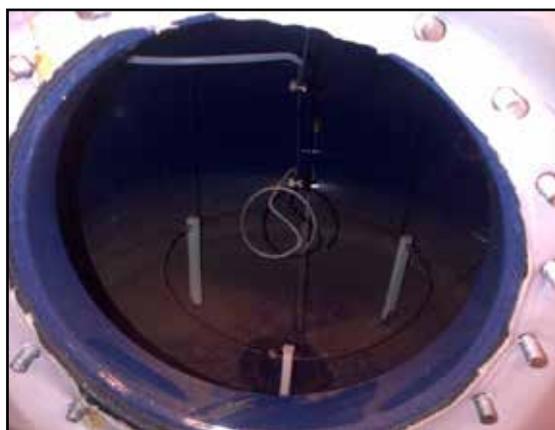
Inicio de los trabajos de desarrollo de tuberías



Vista General de los acumuladores situados



Inicio de los trabajos de desarrollo de tuberías



Vista General de los conexiones hidráulico y desagüe

Foto N°5:  
Galería fotográfica de sustitución, montaje de red y acumuladores de ACS provistos de protección catódica (Ala Oeste HUIGC).

La constitución de estas empresas debería agrupar a titulados de diferentes disciplinas y acreditarlas mediante una formación específica. La administración determinaría el nivel de exigencia atendiendo al grado de protección deseado a la hora de la acreditación de dichas entidades técnicas de apoyo.

- Desarrollar la Guía Técnica *para la Prevención y Control de la legionelosis en instalaciones*, elaborada por el Ministerio de Sanidad y Consumo, con el fin de darle una estructura similar a las ITC (Instrucciones Técnicas Complementarias) de los actuales reglamentos técnicos, exigiendo su obligado cumplimiento.

Respecto al tipo y configuración de los acumuladores a instalar en las redes de Agua Caliente Sanitaria (ACS), señalar lo siguiente:

- Determinar siempre, inicialmente, la calidad del agua fría de consumo humano (AFCH) y sus posibles variaciones en el tiempo, pues parámetros tales como la

conductividad, cloruros, sulfatos, etc., condicionan el diseño y materiales a utilizar en los acumuladores y redes afines.

- La calidad de agua en áreas donde provenga de sistemas de desalación, sugiere disponer de acumuladores con revestimiento interior mediante pintura epoxi y sistema de protección catódica impresa, como solución eficiente (eficacia al menor coste).
- El sistema de protección debe ser configurado a medida, de acuerdo a la calidad del agua, materiales utilizados en la red y auxiliares, evitando los sistemas “estándar”, habitualmente ofertados.
- La infraestructura hotelera, por su impacto en la economía canaria, en relación a las instalaciones de ACS debería considerar los aspectos señalados al objeto de minimizar los riesgos de la aparición de fenómenos de corrosión, antesala de resultados positivos en legionelosis.

## REFERENCIAS Y REGLAMENTACIÓN

- Real Decreto 865/2003, de 4 de Julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- Guía Técnica para la prevención y control de la legionelosis en instalaciones.
- Real Decreto 2210/1995, de 28 de diciembre por el que se crea la red nacional de vigilancia epidemiológica
- Decreto 165/1998, de 24 de septiembre, por el que se crea la red canaria de vigilancia epidemiológica y se establecen las normas para regular su funcionamiento (y orden de 17 de agosto por la que se modifican los anexos I, II y III).
- Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios.
- Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de legionella en instalaciones Norma UNE 100300 IN.
- Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
- Resolución 1067 de la Dirección General del Salud Pública del Servicio Canario de la Salud, de 27 de junio de 2008, por la que se aprueba el Programa de Vigilancia Sanitaria del Agua de Consumo Humano de la Comunidad Autónoma de Canarias.
- Calidad del agua de consumo humano en la Comunidad Autónoma de Canarias. Informe Técnico Año 2015. Dirección General de Salud Pública. Servicio de Sanidad Ambiental.
- Guía de Desalación: aspectos técnicos y sanitarios en la producción de agua de consumo humano. Informes, estudios e investigación 2009. Ministerio de Sanidad y Política Social.
- Norma UNE 112076 IN “Prevención de la corrosión en circuitos de agua”.
- Norma UNE-EN 12499 “Protección catódica interna de estructuras metálicas”.
- Norma UNE-EN 12502-3 “Protección de materiales metálicos contra la corrosión. Recomendaciones para la evaluación del riesgo de corrosión en sistemas de distribución y almacenamiento de agua. Parte 3: Factores que influyen para materiales férricos galvanizados en caliente”.
- Fondo documental de GULDAGER ELECTROLISIS.

# Las Minas de Agua de Gran Canaria en la Ingeniería Minera Histórica Mundial



Francisco Suárez Moreno

Cronista Oficial de  
La Aldea de San Nicolás



Foto N° 1: Fuente pública de El Tarahalillo (La Aldea).

**E**n Gran Canaria se generalizó, a partir de principios del siglo XVI y sobre todo después del siglo XVIII, la construcción de unas galerías filtrantes, denominadas minas, para captar las aguas subálveas de los barrancos. Constituyen, por lo general, unos túneles subterráneos que seccionan el subálveo arenoso de los barrancos, a modo de galerías filtrantes entibadas con muros de piedra y techados en dintel con lajas y, a tramos, con unos respiraderos verticales o pozos de ventilación denominados campanas.

Se distinguen de las galerías de agua comunes de hoy en Canarias por su naturaleza de construcción y por el acuífero que captan; pues las galerías, aunque son también túneles filtrantes, están trazadas en los riscos, buscan el acuífero colgado de las montañas y conllevan una tipología minera del agua distinta, no tienen respiraderos, ni obras de fábrica, salvo en tramos de materiales sueltos y son de construcción más reciente.

En Gran Canaria contabilizamos un total de 106 minas, casi todas desde Telde (municipio con mayor cantidad) hasta La Aldea de San Nicolás. Sólo un 20% están aún en producción. Constituyen un patrimonio hidráulico histórico desconocido y en peligro.

## 1. ORÍGENES HISTÓRICOS

Los pueblos protohistóricos del Oriente Medio ya excavaban galerías, zanjas y pozos en busca del agua subterránea. La referencia más remota está en las galerías tipo *qanats* construidas por las civilizaciones establecidas en la península de Omán, a partir del año 1350 a. C., en estrecha relación histórica con otras galerías similares de la cercana meseta de Irán.

En el área de la Palestina bíblica consta la existencia, aparte de los pozos casi prehistóricos, de variados tipos de galerías subterráneas, unas de conducción de aguas y otras de captaciones. Son espectaculares las galerías trazadas desde el interior de las ciudades amuralladas, hacia los siglos IX-VIII a. C., en Gibeón, Gezer, Azor, etc., en búsqueda de los acuíferos subterráneos ex-

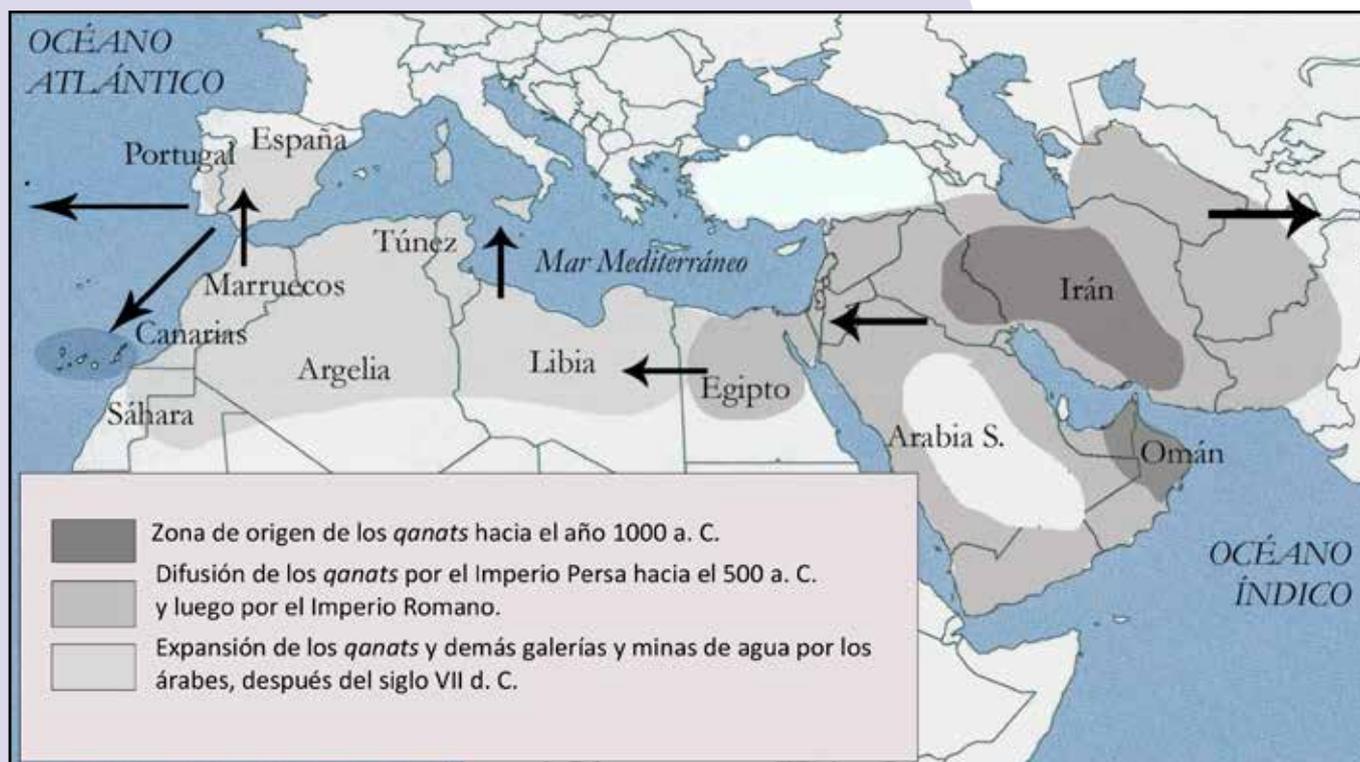


Figura N° 1: Mapa de las áreas geográficas de difusión de los qanats y minas-galerías filtrantes desde la Antigüedad a la Edad Moderna, a partir del Oriente Medio.

tramuros. Más tarde, durante el dominio persa, entre 550 y 331 a. C., se extendió desde Egipto hasta el lejano Oriente, la tecnología específica del *qanat*.

Los romanos desarrollaron al máximo y perfeccionaron las técnicas hidráulicas del Mundo Antiguo, y a ellos se les atribuye la difusión de la tecnología minera de pozos y minas por todos sus territorios conquistados. Así, el más célebre de los arquitectos romanos Marco Vitrubio, del siglo I a. C., describe en su célebre obra de ingeniería y arquitectura, *Los Diez Libros de Arquitectura*, unos pozos conectados entre sí por acueductos subterráneos que responden a la tipología de la mina de agua tipo *qanat*.

Los árabes, en la Edad Media, perfeccionaron los sistemas hidráulicos romanos y del Oriente Medio y formularon, a través de sus matemáticos, ingenieros y extraordinarios agrónomos (geóponos), tratados de construcción y conservación de artilugios y arquitecturas hidráulicas, entre los que se encontraba la tecnología minera de los *qanats* y las minas de agua.

En la Península Ibérica los musulmanes, tanto árabes como bereberes, pasan a la historia como verdaderos especialistas en la captación y regu-

lación de los recursos hidráulicos subterráneos y superficiales. La tecnología hidráulica y agronómica islámica resultó extraordinaria para el desarrollo económico no solo de la época andalusí, sino de los momentos posteriores en aquellas regiones hispanas y en las tierras de Ultramar, desde Canarias al Nuevo Mundo.

## 2. GENERALIDADES Y CONCEPTOS

La literatura científica denomina a estas obras hidráulicas como *galerías filtrantes*, *galerías drenantes* y *qanats*; aunque, de ahí la confusión, dependiendo de cada zona geográfica y de la naturaleza de las mismas, llevan diferentes nombres, incluso en una misma región.

El concepto que en Canarias tenemos de minas y galerías de agua es muy similar al empleado en otras partes, aunque en algunas zonas de la Península Ibérica o de América se designan, generalizándolo, *galerías filtrantes*.

Las *minas* son exactamente iguales a las *cimbras* de origen árabe localizadas en el Sureste de la Península Ibérica, Mallorca y a otros tipos de galerías de captación de las aguas subálveas de las regiones del Norte de África, Oriente Próximo y América.

Y las *galerías* se corresponden con las *galerías filtrantes* excavadas en roca y con algunos tipos de túneles llamados también *minas de agua* en Portugal, Suroeste español y México.

En las áreas geográficas de influencia islámica las minas de agua se denominan *qanat* (Irán), *kariz-karez* (Turquía, Armenia, Afganistán, Pakistán, Turquestán chino...), *kahan* (Baloch), *falaj* (Arabia), *foggara*, *fegaguir*, *chegga*... (Túnez, Libia, Argelia) y *khattara* (Marruecos). Por el Oriente *Kanrjing* (China), *man-nun-poo* (Corea) y *mambo* (Japón). En la Europa Mediterránea: *galería*, *mina*, *alcavons* (en varias zonas de España), *zanja* y *cimbra* (Andalucía Oriental), *viaje de agua* (Madrid, Toledo...), *font d'agua*, *cave*, *mine* (Levante y Cataluña), *mina de água* (Portugal), *mine d'eau*, *source*, *cavernos* (Centro y Sur de Francia), *bottini* (Siena, Italia), *minere de'acqua*, *ingrutatti* (Sicilia, Italia), etc. Por América Latina *galería filtrante*, *pocería*, *tajo*, *socavón*, *túnel de agua*, *funque*... (México); *puquio* y *pica* (Perú y Chile), etc. En el Área Anglosajona: *draine gallery*, *infiltration gallery*, *chain well*, etc. Y, en las Islas Atlánticas: *mina de água* (Madeira), *mina de agua*, *galería de agua* y *socavón* (Canarias).



Foto N° 2: Zanja de conducción del agua de una mina-galería filtrante o puquio. Nasca (Perú). Wikipedia.org.



Foto N° 3: Línea de cuatro pozos de ventilación del anterior puquio, conocidos por ojos, por donde en escalera de caracol se baja hasta la galería filtrante. Nasca (Perú). Wikipedia.org.

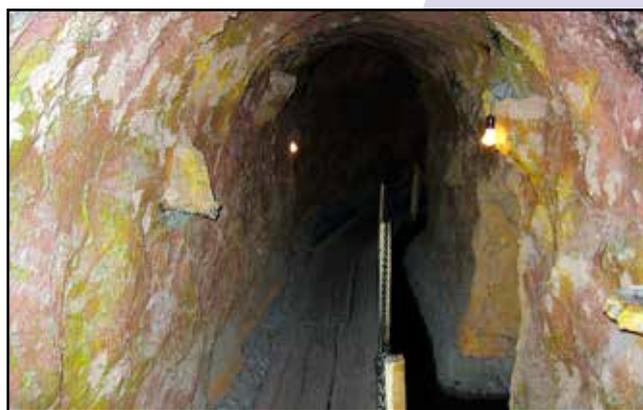


Foto N° 4: Túnel de una galería filtrante tipo qanat o Karez. Turfán (Turquestán, China Oriental). Hoy museo del agua. Wikipedia.org.

### 3. LOS QANATS DE ORIENTE MEDIO

El pozo constituye la estrategia hidráulica más antigua para captar agua subterránea en zonas áridas y semiáridas. Pero extraerla del mismo era muy costoso, hasta que se descubrió cómo hacer desde su fondo una galería que por gravedad condujera el agua hasta la zona de riego. Y ese fue el fundamento tecnológico de la obra hidráulica del primigenio *qanat* iraní. La dificultad se presentó cuando, entre el pozo y el lugar adonde llevar su agua, la distancia era kilométrica. Para ello se necesitaba capital, complejos cálculos de niveles y ejecutar a lo largo de la galería de conducción una serie de pozos de ventilación por donde poder acceder a sus obras y conseguir la aireación.

Por ello la construcción de un *qanat* requería una mano de obra muy especializada en localizar el acuífero (conocimientos hidrológicos) y capaz de calcular las distancias y los niveles precisos para que el túnel y sus pozos de ventilación se trazaran adecuadamente, además de conocer la tecnología minera para cada terreno.

Primero se hacía el pozo matriz para buscar el agua; luego por tramos se realizaban el canal subterráneo de salida del agua y los pozos de acceso y respiración, hasta que conectaban con el pozo principal y se desalojaba toda el agua. El túnel subterráneo de salida del agua era a veces kilométrico (5 a 40 km) y, según el terreno, se reforzaba con maderas o con paredes de piedras y dinteles de lajas o de madera.

Los *qanats* han dado durante miles de años asombrosos resultados no solo por la cantidad de agua potable captada, sino igualmente porque, al ser canales subterráneos, las pérdidas por infil-

tración y evaporación son menores que en otras vías de agua. Incluso han servido de espacios refrescantes en climas calurosos como el caso de Irán donde, sobre sus lumbreras, se han acondicionado unas torretas de ventilación que facilitan la circulación del aire caliente por la corriente del agua subterránea, que no es otra cosa que la aplicación del efecto Bernouille por la sabiduría de los maestros de las obras hidráulicas del Oriente.

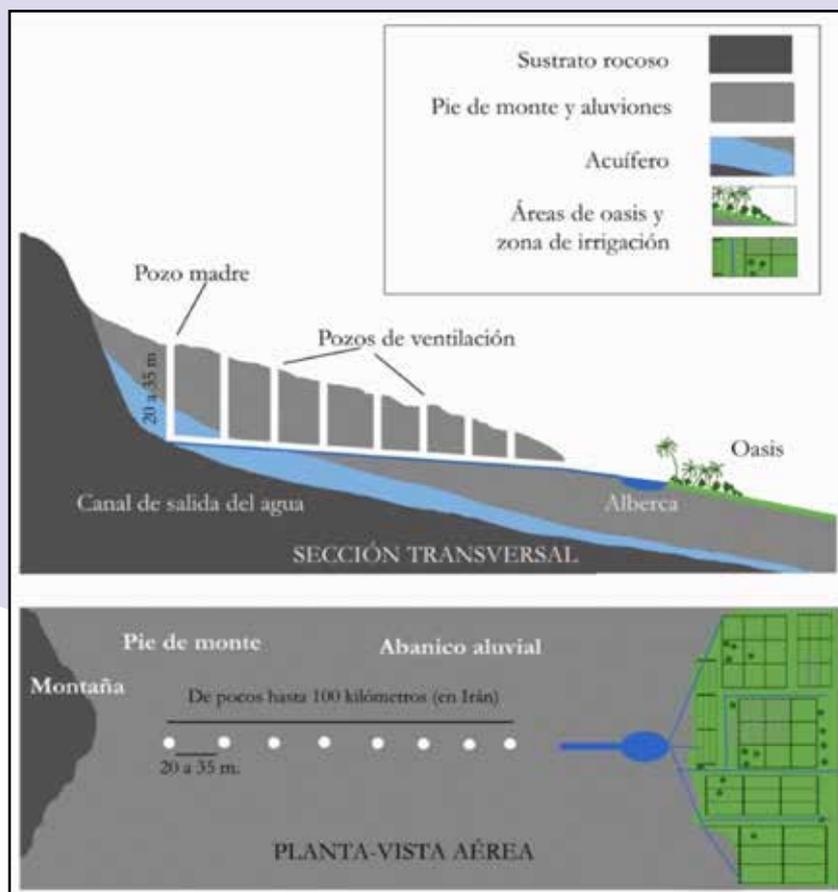


Figura N° 2: Esquema del modelo común de un qanat de Oriente Medio. Suárez M. 2014: 31.

En Irán se han construido más de 32.000 *qanats*; en Afganistán, unos 9.000; y en España, de las 3.000 galerías filtrantes existentes, sólo un 20-30%, aproximadamente, responden a la naturaleza de esta singular obra hidráulica.

#### 4. GALERÍAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

La experiencia en tecnología hidráulica española, a partir de la Edad Moderna, tiene una primera referencia documental (aparte de las primeras patentes de invención de artilugios) en la famosa obra manuscrita de *Los Veintiún Libros de los Ingenios y de las Máquinas*, atribuida hoy al erudito aragonés (científico, arquitecto e ingeniero en máquinas y fortificaciones) Pedro Juan de Lastanosa. El contenido del Libro 7 es muy

detallista sobre cómo calcular y nivelar adecuadamente las *minas* empleando artilugios curiosos de niveles, cuadrantes, graduaciones, balizamientos; forrado de galerías con cantería y maderos, acueductos... Y presta, aparte de otros detalles, minuciosa información técnica ilustrada sobre cómo perforar una mina de conducción de aguas, con lumbreras que denomina *respiraderos* para dar luz y ventilar el interior, extraer materiales y alinear adecuadamente la dirección de la obra con maderos, a modo de balizas topográficas, extremo éste que se empleó en la construcción del túnel de la *Mina de Tejada* en Gran Canaria (1514-1526).

En Cataluña, Comunidad de Valencia y Murcia es donde hay mayor número de galerías filtrantes; y en Andalucía donde se descubre la mayor densidad y variedad; aunque Baleares y Canarias no se quedan atrás ni en densidad ni en variedad. Los ambientes geográficos donde estas se excavan se pueden resumir en tres, como podemos apreciar en este esquema (Ver Figura N° 3), con la correspondiente nomenclatura a modo de síntesis:

- a.- Montaña
- b.- Laderas-pie de monte y
- c.- Cursos y terrazas fluviales



Figura N° 3:  
Localización de las minas y galerías filtrantes de la España peninsular y Baleares. Oriente Medio. Suárez M. 2014: 43.

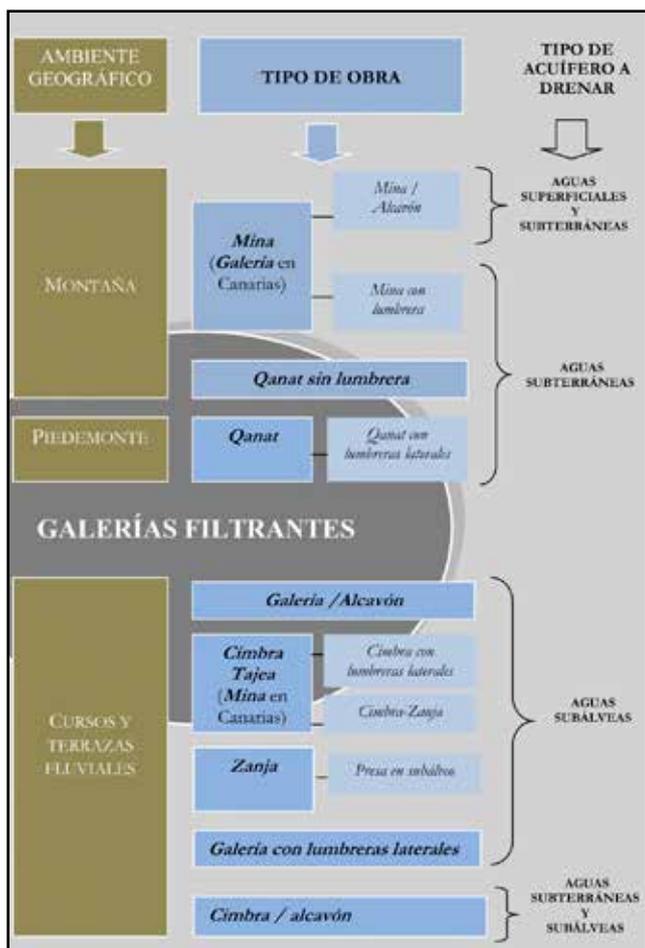


Figura N° 4: Esquema sobre la variada tipología de las minas-galerías filtrantes en el Estado español. Suárez M. 2014: 37

Ello determina una variada tipología de galerías filtrantes como vemos en el cuadro adjunto (Ver Figura N° 4), entre las que se encuentran nuestras galerías y minas canarias.

## 5. LAS MINAS DE AGUA EN GRAN CANARIA

Las galerías, que buscan los acuíferos de montaña, están presentes en todas las Islas Canarias menos en Fuerteventura. Su número supera las 1.572 unidades, aparte de un grupo de unas 200 más que pueden haberse perforado en el interior de los pozos. En su conjunto pueden sumar más de 2.000 km de longitud, lo que arroja una media de 1,3 km por unidad. El 65% se localizan en Tenerife, el 24% en Gran Canaria y el 10% en La Palma.

En cambio las minas, que se trazan debajo de los barrancos, son de menor número pero más antiguas que las anteriores. Se localizan mayoritariamente en Gran Canaria, aunque es posible que alguna se trazara en barrancos de Tenerife y de Fuerteventura.

Hemos localizado y estudiado 106 minas en Gran Canaria aunque puede haber alguna más a pesar de que hemos recorrido, a lo largo de casi 10 años, con la ayuda de gente conocedora del tema en cada lugar, los mil y un barrancos y barranqueras de nuestra isla.

Casi todas estas minas de agua se localizan en las zonas áridas y semiáridas del Este, Sur y Sureste de la Isla; pero en el Norte, también las hay, casi todas perforadas entre finales del siglo XIX y principios del XX, cuando comenzó el desarrollo económico de las plataneras. Constituyen unas obras hidráulicas con unas especificidades extraordinarias de la mano de la ingeniería académica canaria, caso de los ingenieros Juan León y Castillo, su hijo Germán, su ayudante en obras públicas Cirilo Moreno, así como el ingeniero herreño-cubano José Ángel Rodrigo-Vallabriga Brito y otros, que firmaron muchos proyectos.

### 5.1. Generalidades

Estos túneles de agua filtrante presentan diferentes longitudes aunque, por lo general, al-

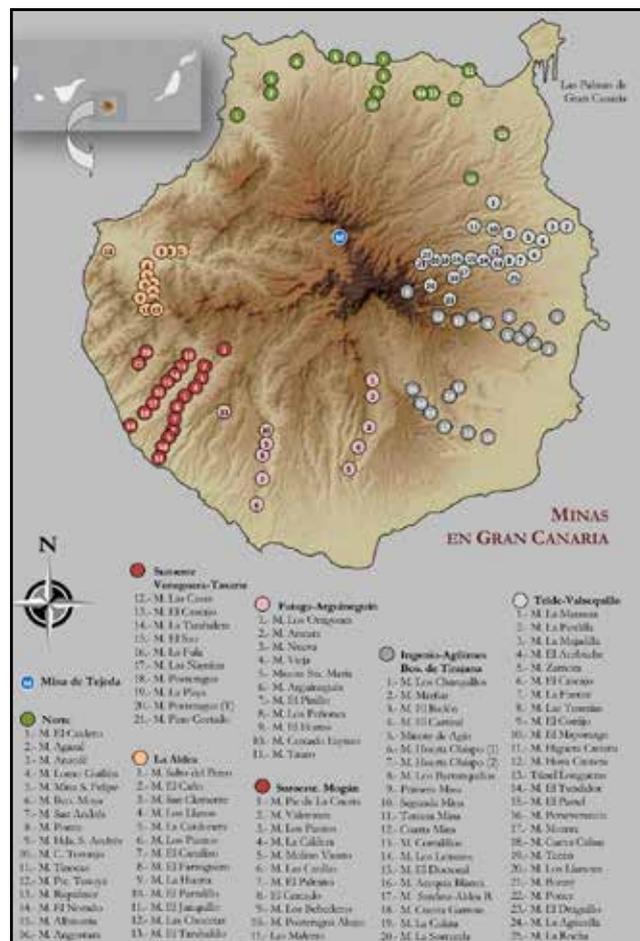


Figura N° 5: Mapa de localización de las minas en Gran Canaria. Suárez M. 2014: 132.

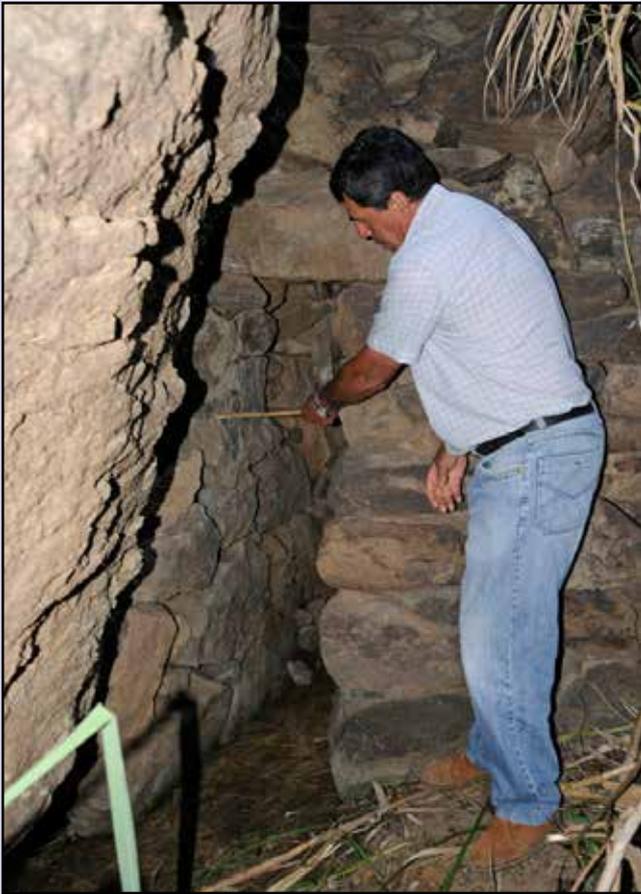


Foto N° 5: Boca de la Mina de Los Ortigones (Fataga), que presenta un hueco muy estrecho de 0,35 m de ancho por 1,65 m de alto. Suárez M. 2013.

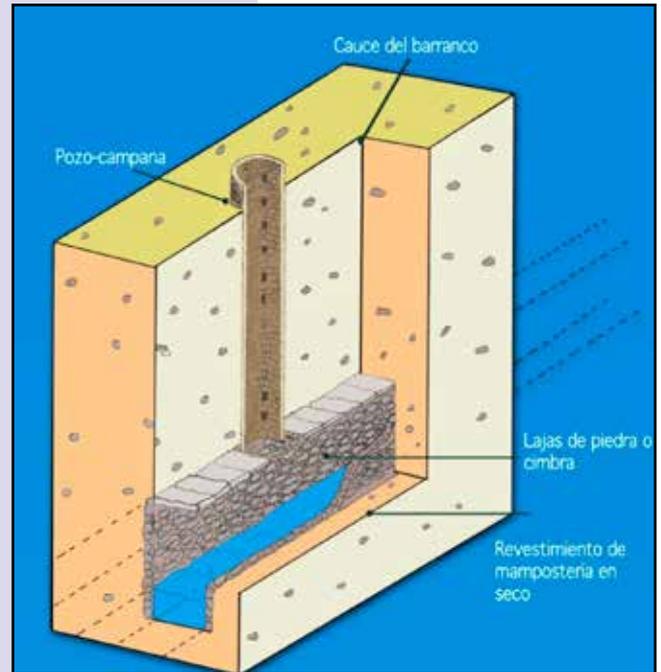


Figura N° 6: Esquema tridimensional de una mina de agua canaria con pozo de respiración profundo. Dibujo de Juan Ismael Santana, 2013.

canzan entre los 30 y 200 metros, si bien alguno supera el kilómetro. Presentan una sección variable pero con una medida suficientemente grande como para que pueda pasar una persona a hacer las labores de limpieza (0,40 - 0,60 m x 1,00 -

1,60 m) en la zona entibada. Estamos pues ante unos túneles filtrantes estrechos y de poca altura que requerían para sus labores de limpieza anual personas delgadas, casi siempre muy jóvenes.

Las minas de largo trazado y, a veces, profundo (15 - 30 metros de la superficie) llevan varios puntos de ventilación, denominados campanas, que en estos casos son auténticos pozos de gran profundidad.

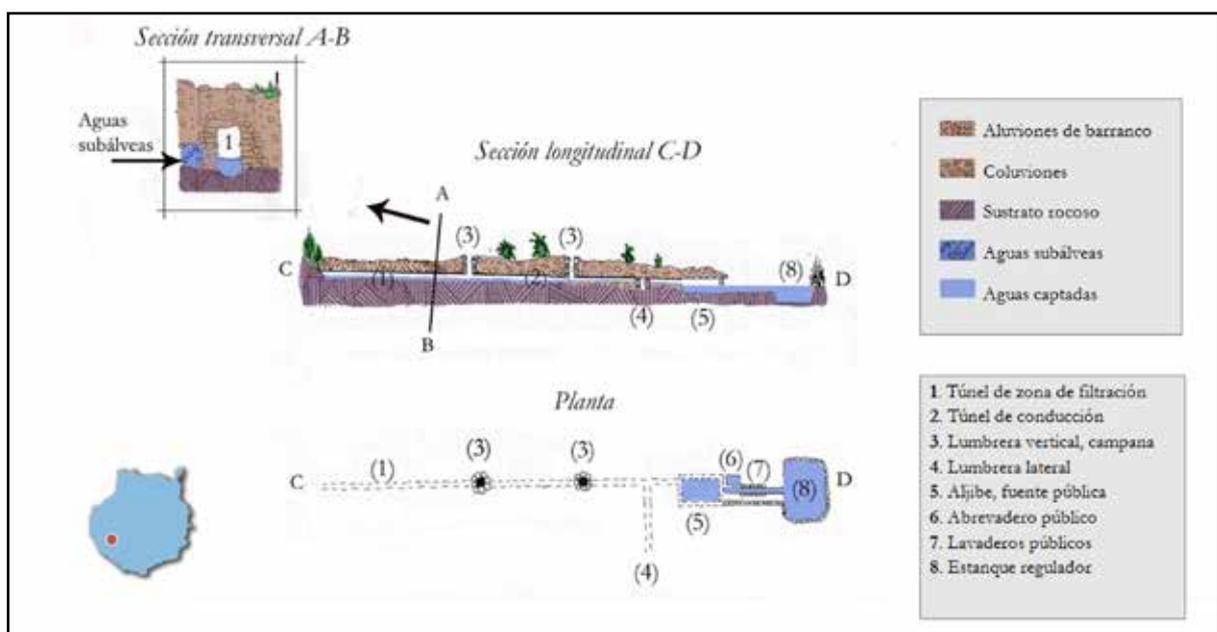


Figura N° 7: Secciones y planta de la Mina de Las Casas de Veneguera, una obra sencilla, con su túnel de filtración cerca de la superficie del barranco y solo tres pequeños respiraderos (campanas), dos en forma de pozo vertical y uno lateral. Dibujo de Suárez M. 2005.

Su trazado, por lo general, secciona el plano del barranco en diagonales más o menos largas en función de las dimensiones del cauce o, en algún caso, franjas de aluvión litoral entre barrancos por donde discurren aguas ocultas. En barrancos estrechos con acusada disposición en "V", el trazado avanza por el lecho para captar mejor todas las aguas subálveas.

El muro lateral superior del túnel filtrante (aguas arriba) es de mampostería de piedra seca, para el buen filtrado de los filetes líquidos, y el piso debe ser impermeable. El muro lateral inferior (aguas abajo) también es de mampostería en seco pero enfoscado con argamasa de cal y arena hasta la altura que se desee impermeabilizar, según el nivel del desagüe de la mina. Su techo está cubierto, en dintel, con losas basálticas (lajas), apoyadas en los dos muros laterales con suficiente resistencia para mantener el espesor de las capas de aluviones que tiene encima, a veces de muchos metros de altura (hay algún caso con techo en bóveda de medio punto o apuntada).

Cuando la mina se adentra por sedimentos de naturaleza variada más compactados -coluviones y materiales sueltos pero cementados por arcillas y caliches- se prescinde del entibamiento y solo se emplean paredes de refuerzo o tramos entibados. En este caso se permite mayor amplitud del túnel (de 0,8 a 1 metro de ancho por 1 a 1,50 metros de altura) y se deja el techo abovedado, con sillería de piedra noble, para mayor resistencia. Las lumbreras se convierten, como decíamos, en profundos pozos de ventilación. Presenta los siguientes tramos:

- ZONA DE DRENAJE. TÚNEL DE FILTRACIÓN. Es el tramo principal de mina, situado en el subálveo o depósito aluvial de barrancos del cuaternario reciente, con una parte superior de material de acarreo (arenas, gravas y piedras o cascajos) y en la inferior de los mismos materiales pero cementados por caliches, con un alto parámetro de infiltración.
- ZONA SUBTERRÁNEA DE SALIDA. En algunas minas su boca no sale directamente al exterior porque el nivel de su base, en el lateral del barranco aún debe cruzar terreno para salir fuera por zona de aluviones y coluviones cuaternarios u otros materiales como sedimentos compactos, escorias volcánicas, etc.
- ACEQUIA Y ESTANQUE REGULADOR. El agua drenada es conducida, por regla general,

a través de una acequia, cubierta o no, hasta un estanque regulador, en algunos casos a kilométricas distancias y en otros se halla junto a la bocamina. Los estanques reguladores, por lo general, están embutidos en el terreno y son de poca capacidad.

Por otro lado, la naturaleza del terreno así como el mayor o menor poder adquisitivo de los propietarios han determinado una variada tipología de minas que no se corresponden con las generalidades técnicas señaladas. Veamos algunas de esas singularidades:

- TRAZADOS COMPLEMENTARIOS. Se contemplan en algunas minas del Sureste de Gran Canaria y conforman, a partir de la mina principal, una serie de ramales subterráneos, aguas arriba del barranco, que puede conectar incluso con un pozo.
- MINAS SIN CAMPANAS. Se dan cuando su túnel de filtración está muy cerca de la superficie del barranco.
- MINAS CON LUMBRERA LATERAL. Aparecen estos respiraderos horizontales, cerca de la bocamina, para su desagüe cuando filtra mucha agua por estar el barranco "corriendo". Ejemplo: *La Mina de Las Casas de Veneguera*.
- MINAS A CIELO ABIERTO. Son simples zanjas pero con alguna obra de fábrica; prácticamente coinciden con las llamadas *madres de agua* o azudes de derivación.
- MINOTES, MINILLAS. Constituyen unas minas de corta longitud y poco hueco de filtración, en barrancos estrechos.
- MINAS DE NATURALEZA MIXTA. Son túneles filtrantes que atraviesan tramos rocosos y tramos de aluviones, por lo que tienen una naturaleza mixta al comportarse también como galería de risco en uno o varios tramos.
- MINAS-PRESAS PARALELAS A LA COSTA. Aparecen en los diseños de la ingeniería hidráulica de principios del siglo XX, para captar los fluidos que se pierden a nivel del mar por el Norte de Gran Canaria. A veces tienen un muro tipo presa subterránea trazado paralelo a la costa. Una solución que, por ahora, no hemos visto en ninguna otra parte del mundo, que necesita de un motor y bombas para elevar el agua filtrada. Ejemplo *La Mina de El Rincón*.
- POZOS CON MINAS. Es una estrategia muy

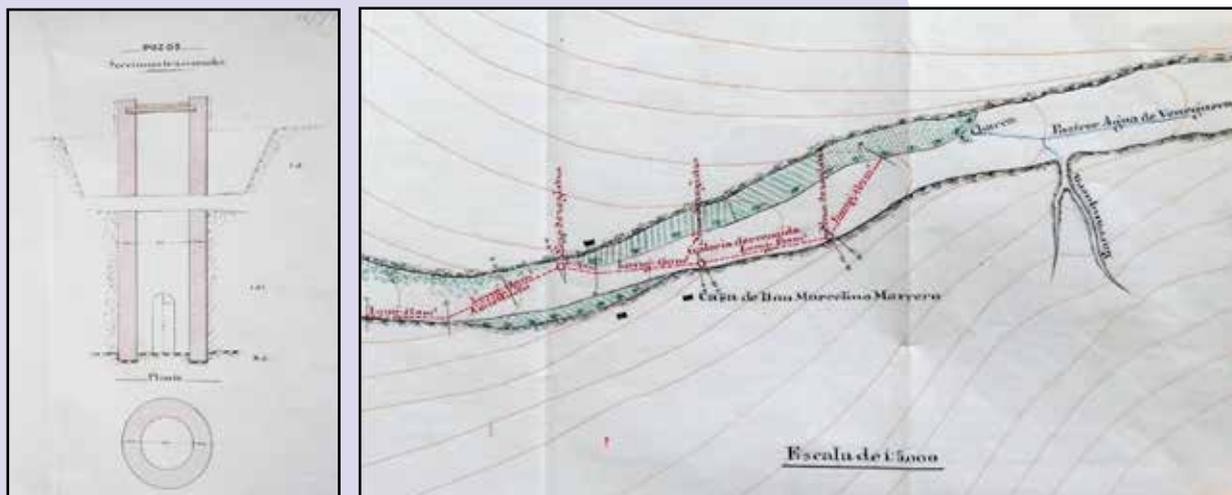


Figura N° 8 y N° 9: Sección del pozo de ventilación y planta del proyecto redactado en 1903 por el ingeniero Germán León y Castillo para la Mina de Posteragua (Veneguera).

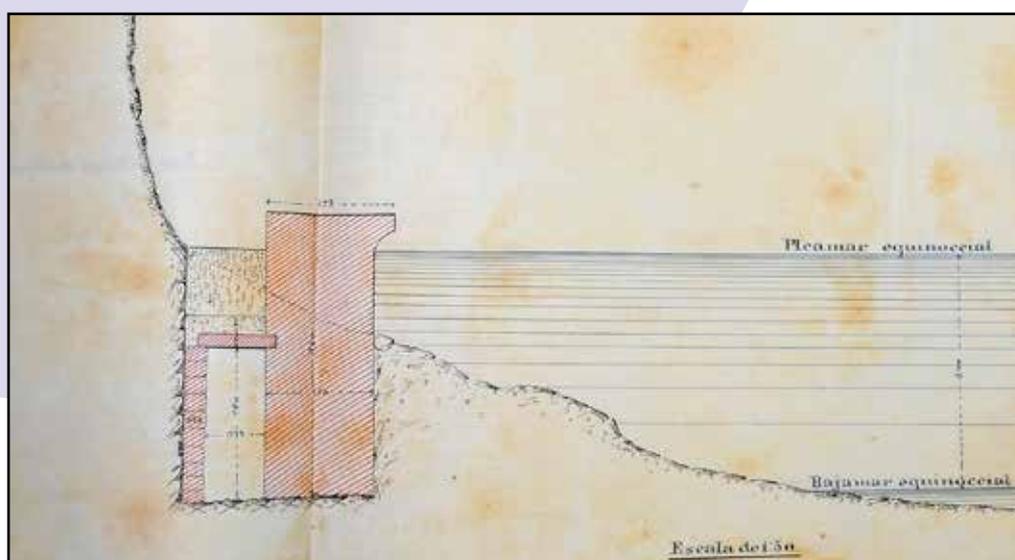


Figura N° 10: Sección del muro de la mina-presa subterránea del proyecto redactado, en 1903, por el ingeniero herreño-cubano José Ángel Rodrigo Vallabriga Brito, en la costa de El Rincón.

común en los barrancos del Sur y Suroeste de Gran Canaria, así como de Fuerteventura. Consiste en trazar desde el interior de la caña de un pozo ya perforado un túnel de filtración en dirección al subálveo del barranco.

## 5.2. Tecnología minera

Gracias a la información oral de personas mayores y al estudio de los proyectos de minas de los citados ingenieros canarios, así como el análisis in situ de las minas que subsisten, hemos podido acercarnos con cierto detalle a la tecnología minera y de construcción de las minas, un tipo de obra hidráulica ya histórica que dejó de hacerse hace unos sesenta años cuando los pozos sobreexplotaron el acuífero del subálveo de nuestros barrancos. En síntesis:

- 1º.- CÁLCULO DE NIVELES. Es el primer paso y se hacía desde la zona de filtración en el cauce del barranco hacia el punto calculado de la salida del agua, la futura bocamina, con unas pendientes muy suaves, entre el 1% y el 2%.
- 2º.- APERTURA DE LA ZANJA. Se ejecutaba por tramos transversales al plano del barranco, dirección aguas arriba, a cielo abierto (en las minas más comunes), previniendo el drenaje adecuado de las aguas subálveas que van aflorando.
- 3º.- ENTIBAMIENTO. LA OBRA DE FÁBRICA. Abiertos los tramos de zanjas comenzaba el entibamiento, a cielo abierto por maestros pedreros y mamposteros, desde la zona de drenaje hasta el punto de la bocamina. Para ello, primero se realizaba el piso, la base o canalización a modo de tajea, con piedras,

ripios y mortero de cal hidráulica. Se calculaba una pendiente suave del 1% al 2%, la suficiente para que el agua saliera tranquila. Sobre dicha base-canalización se levantaban las dos paredes laterales: la de aguas arriba de piedra seca, para favorecer la filtración de las aguas subálveas; y la de abajo, con piedras rejuntadas con ripios y argamasa para impermeabilizar bien hasta la altura calculada del nivel de las aguas captadas. Luego se techaba con lajas, a modo de dintel (en algunas aparecen arcos de sillares) y se formaba así un túnel filtrante entibado. Por ello, esta obra de fábrica se iba ejecutando de arriba aguas abajo, hasta terminar en la bocamina donde comenzaba la acequia de conducción.



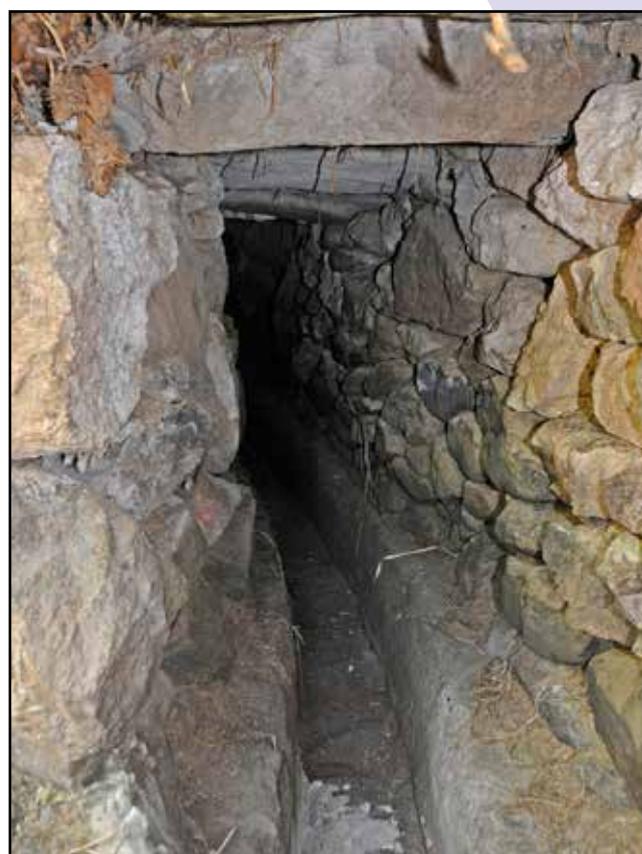
*Foto N° 6: Perspectiva desde el brocal de uno de los pozos de ventilación o campana, de la Mina de la Heredad de Sardina-Aldea Blanca (barranco de Tirajana), realizada con escalera helicoidal de hormigón armado y barandilla de hierro (diámetro 2 m, profundidad, 20 m).*

4°.- LA OBRA DE FÁBRICA DE LOS POZOS DE VENTILACIÓN O CAMPANAS. Al finalizar cada tramo, se hacía la obra del pozo de ventilación, con piedras (o sillares en su caso) y argamasa de cal en caso de alturas acusadas; unos de sección circular y otros cuadrangular, con escalones o no y algunos de forma helicoidal (caracol), tanto embutido en el terreno como con peldaños incrustados en la pared del pozo.

5°.- EL SEPULTADO DE LA MINA. Una vez terminada la obra de fábrica se enterraba con el mismo material de la zanja y así quedaba hecho un túnel filtrante subterráneo, con sus correspondientes lumbreras de ventilación que asoman como el brocal de un pozo a la superficie del barranco.

6°.- CANALIZACIÓN Y ESTANQUE REGULADOR. Desde la boca de la mina se traza una acequia enterrada o bien a cielo abierto, que conduce el agua alumbrada hasta un estanque regulador.

7°.- AMPLIACIÓN DEL TÚNEL DE LA MINA. Un trabajo posterior, si el nivel de las aguas subálveas bajaba con los años, era el de la ampliación del túnel filtrante, con técnica minera común, excavando y reforzando con obra de fábrica, dirección aguas arriba en zona de cascajo, sedimentos, coluviones. Esto suponía un riesgo de desplomes, como también lo era con la apertura de las zanjas, cuyo ejemplo más reciente fue el accidente ocurrido el 11 de julio de 1917 en la *Mina de Los Charquillos (Ingenio)*, cuando al desplomarse el escombro de la zanja sepultó a cuatro mamposteros que entibaban la obra: dos de los cuales murieron por asfixia.



*Foto N° 7: Túnel de la Mina de Cercado Espino, donde se aprecia la tecnología minera estudiada: sobre la base, una canalización de fábrica mampostera, a modo de tajea, se levantan los muros de piedra filtrantes techados a modo de dintel con lajas. Hueco de 0,60 x 1,20 m.*

### 5.3. Las campanas o pozos de ventilación

Nuestras minas de agua, siguiendo el modelo de las lumbreras de ventilación introducido desde la Península Ibérica por los primeros colonizadores europeos, llevan la solución de un registro, como en las redes modernas de saneamiento, en forma de pozo vertical, común en todas las gale-

rías filtrantes y *qanats* del Oriente Medio. Es muy curioso que las denominemos *campanas*, como también lo hacemos con los respiraderos de galerías de pozos de agua ordinarios. Se debe a que en su brocal o cimborio se levantan dos pilares atravesados en la parte superior por una viga de madera, parecido a un campanario, para sostener la polea donde rodaba la sogá para extraer a mano o con molinete (torno) los materiales de la excavación inicial de la mina o los de su limpieza anual; y donde además se colgaba una pequeña campana de aviso para los operarios que trabajaban en el túnel de la mina o de la galería del pozo.

Las campanas presentan arquitecturas diferentes: unas, las de poca profundidad, muy sencillas, de piedra seca como ya indicamos, de planta cuadrangular con un lado de unos 0,7 metros y una altura de 1 a 2 metros; y otras, las más profundas, están realizadas con obra de fábrica más compleja de piedra seca o, en su caso, rejuntada con argamasa de cal e incluso enfoscadas, casi siempre de sección circular u oval (algunas cuadrangulares), en anchos de 0,70 a 2 metros y profundidad de 3 a 30 metros.

Algunas, las situadas dentro del barranco, disponen hacia la corriente del agua una forma de punta como el tajamar de los puentes, que hacen de cuña para desviar la presión del agua hacia los lados.

Hay campanas que adoptan la solución helicoidal (en caracol) en escalera o en rampas, similares a las de algunas minas de agua del Levante hispano y a las de los puquios de Nazca (Perú). Estas campanas con escaleras de caracol -cuyos peldaños tanto pueden ser de sillería como de hormigón armado y se incrustan en la pared del pozo circular- son obras diseñadas por los ingenieros canarios de finales del siglo XIX a principios del XX.

Las faenas de limpieza periódica de las minas se hacían a través de estos registros de ventilación. Consistían en la extracción con pala, azada y perolas de los azolves que se filtraban con el agua del barranco. Un par de operarios, por lo general gente joven y delgada, a la luz de lámparas, faroles y mechones, limpiaban el túnel en posición muy encogida. Otros, en la superficie con sogas, manualmente o con molinete, extraían el material. En cambio, en las campanas de escalera o de rampa helicoidal el material se subía a hombros.



Foto N° 8:  
Brocal de un pozo de ventilación de La Mina de La Pardilla



Foto N° 9: Brocal de un pozo de mina N° 2 de Guayadeque con tajamar para hacer frente a la corriente del agua del barranco.

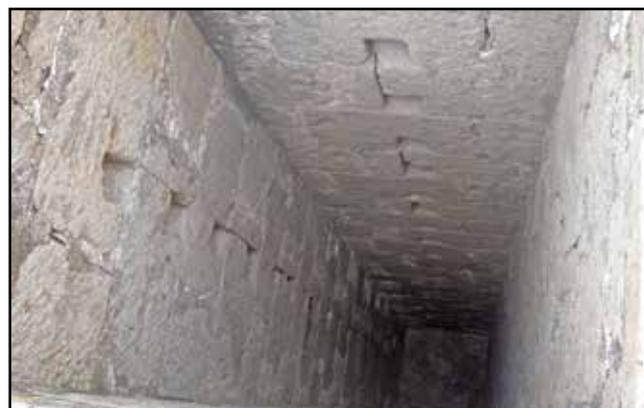


Foto N° 10: Pozo de la campana n° 1 de la Mina de Zamora (Telde), de planta cuadrangular y mechinales para bajar.



Foto N° 11:  
Brocal de otra campana de la anterior mina con habitáculo.



Foto N° 12: Campana n° 2 de la Mina Vieja (Fataga-Maspalomas) de corta sección 0,7 m de diámetro y profundidad 5 m.

#### 5.4. Productividad

El rendimiento de estas minas de agua, hasta mediados del siglo XX, no era uniforme a lo largo del año, pues los meses de lluvias llegaban a alcanzar un flujo de 2 a 5 azadas (20-50 l/s), que disminuía en verano de 0,25 a 2 azadas. Pero en los ciclos de sequía y, sobre todo, en los veranos, algunas llegaban a secarse. A mediados del siglo XX, cuando la sobreexplotación de los recursos hídricos del subálveo a través de pozos cercanos a las minas fue acusada, algunas se secaron completamente, caso de las minas de *El Doctoral* (Santa Lucía) y de *La Fuente de San Francisco* (Telde). Y, de esta forma, la milenaria estrategia minera del agua a través de minas, que llega a Gran Canaria en el siglo XVI, dejó de emplearse y, en su lugar, sobresalió el sistema de captación a través de profundos pozos y algunas galerías.

#### 6. FUENTES Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Los contenidos e ilustraciones de este artículo se han extraído de la obra del mismo autor, de reciente publicación por el Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria, titulada *Galerías filtrantes canarias. Minas de Agua en Gran Canaria*. 360 págs. Sobre galerías filtrantes referenciamos estas obras:

- BARNES, M. y FLEMING, D. (1991): «Filtration-Gallery Irrigation in the Spanish New World», en *Latin American Antiquity* 2.
- GOBLOT, H. (1979): *Les qanats, une technique d'acquisition de l'eau*. París.
- HERMOSILLA PLA, J. (2008): *Las galerías drenantes en España. Análisis y selección de qanat(s)*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- (2006): *Las galerías drenantes del Sureste de la Península Ibérica. Uso tradicional del agua y sostenibilidad en el Mediterráneo español*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- LIGHTFOOT, D. R. (1997): «Qanats in the Levant: Hydraulic Technology at the Periphery of Early Empires», en *Technology and Culture*, vol. 38, n° 2. Society for the History of Technology, pp. 432-451.
- (2000): «The Origin and Diffusion of Qanats in Arabia: New Evidence from the Northern and Southern Peninsula», en *The Geographical Journal*. Vol. 166: pp. 215-226.
- *Qanatsromanos en Siria*. En línea (consulta 21-I-2012): <[www.waterhistory.org/histories/syria/](http://www.waterhistory.org/histories/syria/)>.
- PALERM VIQUEIRA, J. (2002): «Las galerías filtrantes o qanats», en *Antología sobre pequeño riego*. Vol. III. Sistemas de riego no convencionales. Colegio de Posgraduados. México.
- SALESSE, E. (2002): «Technological Analysis, Vocabulary and a Comparison of Two Cases: Minas de Água in Portugal and Qanats in Iran: Emerging Catch Galleries», en *Proceedings of the First International Symposium on Qanats*, 8-11 de mayo de 2000, Yazd, Irán.
- SÁNCHEZ VALERÓN, R. (2008): «Los heredamientos del Ingenio», en *Crónicas de Canarias*, n° 4. Junta de Cronistas Oficiales de Canarias. Las Palmas de Gran Canaria.
- SANTAMARTA CEREZAL, J. C. et al. (2013). *Hidrología y recursos hídricos en islas y terrenos volcánicos*. Colegio de Ingenieros de Montes. Madrid.
- SANTAMARTA CEREZAL, J. C. y SUÁREZ MORENO, F. (2015): *Minas y galerías de agua para la captación de aguas subterráneas en las Islas Canarias*. Ingeopres: Actualidad técnica de ingeniería civil, minería, geología y medio ambiente, pp. 26-29
- SANTANA RAMÍREZ, J. M. (2000): «La Mina de La Pardilla, un ejemplo tradicional de sistema de captación de aguas para riego», en *Programa de Fiestas en honor de San Isidro Labrador, La Pardilla*, 2000.
- SCHREIRBER, K. y LANCHO ROJAS, J. (2006): *Aguas en el desierto. Los puquios de Nasca*. Pontificia Universidad de Perú. Fondo Editorial. Lima.
- SUÁREZ MORENO, F. (2002): «Las minas de agua en Canaria», en *Antología sobre pequeño riego*. Vol. III. Sistemas de riego no convencionales. Edic. Jacinta Palerm. Colegio de Posgraduados Univ. de México. México.
- SUÁREZ MORENO, F. (2014): *Galerías filtrantes canarias. Minas de Agua en Gran Canaria (1501-1950)*. Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria. Cabildo de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria.
- VEGA PEÑA, M. y PÉREZ RODRÍGUEZ, J. F. (2006): «La Mina de La Pardilla. Una obra de ingeniería hidráulica del siglo XIX en Telde», en *Tenique. Revista de Cultura Popular Canaria*, n° 7. Tenerife, pp. 269-294.

# Eficiencia en Edificios Hospitalarios



Patricia Bello Castañeda

Ingeniera Industrial  
Tecnoidesa Development SLP

## 1. SITUACIÓN ACTUAL

Con el presente artículo se pretende dar una pincelada sobre los aspectos referidos a la eficiencia/ineficiencia de los edificios de carácter socio sanitario y de la importancia que tiene realizar, no sólo un estudio en profundidad de las instalaciones existentes con objeto de su adecuación y mejora, sino llegar a la excelencia en el uso de los recursos como usuarios del sistema.

Los edificios hospitalarios son unos de los mayores consumidores de energía. La necesidad de un uso continuado los 365 días del año, las 24 horas, además de los requerimientos de confort y servicios médicos específicos, hacen de los mismos un objetivo potencial para reconducir las obsoletas prácticas empresariales de mantenimiento correctivo, así como un enclave básico para potenciar una reeducación del colectivo en materia de uso sostenible de los recursos disponibles.

Hago alusión a “recursos” en general, porque cuando se habla de eficiencia energética, la tendencia natural es llevarnos a pensar casi en exclusividad en los ahorros derivados potencialmente de las medidas referentes a los consumos energéticos y de agua, dejando aparcados otro tipo de recursos, que si bien no son tan palpables como los citados, no por ello, dejan de ser una contribución importante a la eficiencia conjunta de este tipo de edificios. Como ejemplo cito la adecuada o inadecuada planificación de un mantenimiento predictivo y preventivo, la mejora de las condiciones ambientales hospitalarias para reducir la estancia media de los pacientes por aceleración de su recuperación, etc..

La sanidad pública es para muchas Comunidades Autónomas la mayor empresa tanto en número de trabajadores como en presupuesto de gasto. El sector público supone más de un 5% del PIB, emplea a más de un millón de personas y gestiona un presupuesto de más de 60.000 millones de euros.

Es necesario, por tanto, establecer medidas de ahorro, usos sostenibles de recursos y eficiencia energética en todos los sectores de consumo, destacando el sector sanitario, cuyos edificios son hiperconsumidores de energía.

Los centros de asistencia hospitalaria representan el 2% del gasto de luz, agua y gas que se producen en España. El consumo de energía de equipos sanitarios en hospitales representa el 19% del gasto energético total de estos centros. Sólo su consumo en iluminación a nivel nacional en este sector, es de unos 1.000 GWh/año, siendo responsable de la emisión de 600.000 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales

Por lo que analizando someramente los datos anteriores y sin entrar en un escrupuloso detalle en este artículo, se puede concluir que cualquier medida tomada con objeto de optimizar el uso de los recursos, repercutirá directamente en un aumento del ahorro y una disminución sustancial de la contaminación.

Hay que destacar que cualquier medida para mejorar la eficiencia energética de un centro sanitario, debe tener en cuenta las condiciones climáticas y las particularidades locales, así como

el entorno ambiental interior, la relación coste-eficacia y no deben contravenir otros requisitos esenciales aplicables a este tipo de edificios, tales como la accesibilidad, la seguridad y la fiabilidad de sus instalaciones.

El edificio sanitario es un inmueble altamente transitado, pues cada usuario utiliza el Centro una media de 15 veces por año, para consultas de medicina general, enfermería o pediatría. Es decir, en un centro sanitario con una población de referencia de 15.000 habitantes, se efectuarán una media de 225.000 asistencias sanitarias anuales, por lo que es un edificio público que puede servir de referente de una adecuada gestión energética para la sociedad.

Por la naturaleza de su actividad, son espacios de uso público, con un difícil control de los hábitos de los usuarios y de uso muy continuado. Estas características hacen que, en este tipo de edificios, la utilización de las tecnologías que garanticen un control de las cargas energéticas y de sus costes, sea más importante que en otros tipo de sectores.

La eficiencia en el uso de recursos es una prioridad, tanto por la necesidad de reducir costes de explotación como por la aportación que esta reducción de la carga energética hace a la conservación del medio ambiente.

## 2. TECNOLOGÍA PARA LA MEJORA

Como se ha citado anteriormente, los centros hospitalarios socio sanitarios poseen una idiosincrasia propia y tan particular que no nos permite establecer estándares de referencia con otros edificios de similar envergadura, ya que la especificidad de cada uno de sus tratamientos, la variedad de usuarios, la tipología de servicios ofertados, la dispersión geográfica, etc. hacen que sea inviable establecer una única guía de buenas prácticas para la sostenibilidad de los recursos.

Lo recomendable sería establecer subcategorías y trabajar cada una de ellas en profundidad y con sus peculiaridades, a modo de ejemplo: residencias sanitarias, centros ambulatorios, centros de día, hospitales (a su vez aquí debería subdividirse en función de tratamientos y población).

No obstante, a continuación y a modo de referencia, se citan diversos puntos de actuación y

tecnologías que a día de hoy ayudan a mejorar y reducir los costes en diversos ámbitos.

No podemos perder de vista que en este artículo hablamos de edificios construidos, por lo que reconvertirlos y conseguir ahorro donde antes había gasto, en general siempre va a ir precedido de una inversión, ya que acometer reformas siempre es más costoso que partir de un diseño sostenible.

Teniendo en cuenta la premisa anterior, a grosso modo y sin pretender ser una guía sino un documento meramente orientativo de los puntos de mejora que en la actualidad se están tratando con objeto de mejorar la eficiencia, podemos dividir los posibles ítems de actuación en:

### 2.1. Análisis climatológico y estacional

Como primer paso, se debe reevaluar la ubicación climatológica, ya que muchos edificios antiguos se construyeron con unos patrones que no tenían en cuenta si el edificio estaba ubicado en Galicia o en Canarias, con lo que las necesidades térmicas varían enormemente, pudiendo haber instalaciones infra o sobredimensionadas como, por ejemplo, la climatización.

### 2.2. Análisis de la demanda energética horaria y por zonas

Con el paso del tiempo el diseño funcional del edificio va sufriendo modificaciones, pero no suele ocurrir lo mismo con las instalaciones, lo que ocasiona un desfase entre el nuevo uso y los servicios aportados. A modo de ejemplo, un despacho que se convierte en un almacén y, sin embargo, sigue recibiendo climatización.

Esto se solventaría realizando auditorias periódicas para vincular la actividad con los servicios demandados.

La demanda energética por horas de un centro de salud es distinta según se trate de verano o de invierno. En invierno, la demanda es superior a primeras horas de la mañana, mientras que en verano, la mayor demanda de energía coincide con las horas de mayor radiación solar. Por otro lado, está el consumo de fondo, definido como aquel que se presenta cuando no hay uso alguno en el centro y supuestamente el edificio se encuentra en situación de apagado. Está di-

rectamente relacionado con el stand-by de los aparatos electromédicos y electrónicos, sobre todo, material de ofimática. Supone entre el 0,6 y 1,1% del consumo anual de energía eléctrica de un centro de tamaño medio, por lo que es de vital importancia los sistemas de desconexión total temporizados.

### 2.3. Análisis de parámetros constructivos y elementos de la envolvente

El grueso de la inercia térmica del edificio se concentra en la envolvente del edificio, por lo que es fundamental realizar un análisis exhaustivo de la misma y determinar puntos de infiltración, puentes térmicos, etc.

Con pequeñas actuaciones en la envolvente se puede mejorar la eficiencia global del edificio. Ejemplos:

- **Aislamiento térmico**

La radiación ocupa hasta el 75% del total de la transferencia de calor de un edificio, mientras que la conducción y convección ocupan el 25% restante.

Según el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía de España (IDAE), entre el 25% y el 30% de nuestras necesidades de calefacción/refrigeración son debidas a las pérdidas de calor que se originan en las ventanas. El aislamiento térmico de una ventana depende de la calidad del vidrio y del tipo de carpintería del marco. Los sistemas de doble cristal o doble ventana reducen prácticamente a la mitad la pérdida de calor con respecto al acristalamiento sencillo y, además, disminuyen las corrientes de aire y la condensación del agua.

Algunos materiales como el hierro o el aluminio se caracterizan por su alta conductividad térmica, por lo que permiten el paso del calor con mucha facilidad. Por ello se debe utilizar carpinterías denominadas con "rotura de puente térmico (RPT)".

- **Elementos de acceso**

El acceso al centro suele consistir en una primera puerta, habitualmente de dos hojas, segui-

da de un cortaviento, normalmente de puerta doble. Está comprobado que una de las principales pérdidas térmicas en salas de espera y pasillos tiene lugar cuando la entrada principal permanece abierta.

En el caso de edificios que no disponen de puertas de apertura automática, el vestíbulo previo es insuficiente para contener las infiltraciones exteriores, permitiendo que las puertas exteriores permanezcan abiertas de forma continua impidiendo el efecto cortavientos. Este hecho implica también una disminución del confort de los usuarios, provocado por las corrientes molestas que se originan.

Cuando la distancia entre las puertas automáticas es insuficiente, la apertura de las mismas se acopla y no funcionan como vestíbulo. La distancia está relacionada con la velocidad de apertura y cierre de las puertas y la velocidad con la que el usuario entra al local.

En la Figura N° 1 se muestra el coste acumulado mensual de un centro de salud de 1.000 m<sup>2</sup> en función del tiempo que, a lo largo de la jornada de trabajo, permanecen abiertas las puertas de entrada al edificio. Se puede observar como el coste acumulado mensual aumenta conforme más infiltraciones se dan en el inmueble, sobre todo, en los periodos de invierno.

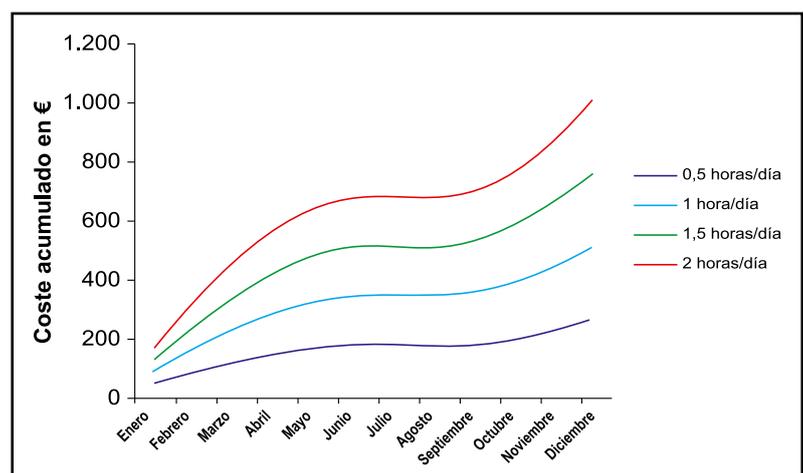


Figura N° 1: Coste anual acumulado derivado de infiltraciones de aire.

- **Colocación de lamas regulables en las fachadas**

Con este tipo de intervenciones se minimiza la incidencia solar y, por tanto, el consumo energético en climatización.

## 2.4. Viabilidad de las estrategias pasivas de calefacción-refrigeración

Es fundamental, para reducir costes, recurrir a técnicas de calefacción-refrigeración pasivas.

Existen tres estrategias pasivas para la captación y almacenamiento de calor con técnicas naturales: la captación directa, la indirecta y la semidirecta.

La captación directa a través de huecos vidriados, consiste en el aprovechamiento del efecto invernadero para el calentamiento directo del aire interior de las estancias y sus correspondientes elementos constructivos. La energía solar directa (de onda corta) atraviesa el vidrio y calienta el aire interior de la estancia; a su vez, el aire caliente emite onda larga (a la cual el vidrio es opaco) calentando muros, forjados y elementos constructivos interiores, en función de sus características físicas.

La captación indirecta se realiza sobre elementos ciegos de la edificación, que acumulan y ceden calor en función de su inercia térmica.

En la captación semidirecta o de invernadero se utilizan los dos anteriores sistemas de captación, mediante un elemento de vidrio o invernadero, previo a la edificación propiamente dicha. Se produce captación directa en el invernadero e indirecta en los muros ciegos colocados tras el mismo. En este sistema de captación se produce un espacio tampón, intermedio entre el medio externo y el interno, calentándose el cerramiento del edificio por radiación directa y por convección (esta última de aplicación a edificios de nueva construcción).

## 2.5. Análisis de todo el equipamiento en maquinarias del edificio con particular importancia la instalación de climatización y ACS

La praxis habitual en todo tipo de industrias, sectores y en la casi totalidad de edificios con equipamientos, es el mantenimiento correctivo. Hoy en día es fundamental realizar un diagnóstico del estado de todas las máquinas que conforman el sistema para detectar los puntos de déficit energético y posibles averías latentes. Una vez realizado esto, el siguiente paso es determinar si se puede reparar o es más eficiente sustituir por maquinaria nueva adaptada a la máxima eficiencia.

Una vez optimizada la instalación, es fundamental un adecuado mantenimiento predictivo y preventivo, todo ello soportado por un sistema de control inteligente del edificio, lo que a medio-largo plazo reduce los costes de explotación y mantenimiento.

En cuanto a la instalación de confort, merece mención explícita por su alta contribución al gasto energético y su vital relevancia en aspectos sanitarios como se detallará a continuación.

La primera decisión para elegir un sistema de climatización es realizar un estudio de zonificación del edificio de forma lógica, en función de las características constructivas y, sobre todo, del uso. Esta zonificación depende de que hayan zonas perimetrales con elevada transmitancia, que provocan pérdidas en invierno y ganancia en verano (vidrios en fachadas por ejemplo); y de su ocupación, que influye en las ganancias sensibles y latentes de las zonas. Puede haber zonas con ganancia solar, que se produce en fachadas con distinta orientación de un mismo edificio y en las últimas plantas, donde la ganancia solar a través del techo eleva la demanda de refrigeración.

Una vez realizado lo anterior, debemos focalizarnos en detectar todas las posibles fuentes de emanación calorífica que afecten al sistema. En el caso de edificios sanitarios: determinada iluminación focalizada, por ejemplo lámparas de curas de tipo incandescente, pueden aumentar la carga térmica de las dependencias donde se ubiquen; así como hay zonas con ganancia interna, especialmente en zonas donde se concentren equipos informáticos, por ejemplo, sala de procesos de datos, dependencias con equipos electromédicos, salas de exploración radiológica,...

Por otro lado, como consecuencia del uso de los espacios, los niveles de ventilación pueden ser diferentes y esa diversidad debe ser resuelta mediante el correcto dimensionado del sistema de ventilación.

Además de las necesarias condiciones de confort de los usuarios, es importante tener en cuenta que la temperatura y la humedad ambiental afectan a la tasa de infecciones nosocomiales. Los microorganismos perviven más tiempo en condiciones de humedad extrema en ambos sentidos, es decir, en ambientes muy secos o muy húmedos. El rango de humedad ambiental más

adecuado, para minimizar la pervivencia ambiental de la mayoría de los microorganismos, oscila entre el 40 y 60%.

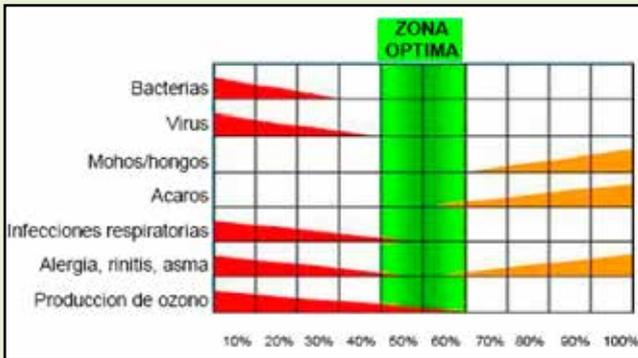


Figura Nº 2: Relación entre la humedad relativa y la proliferación de contaminantes. Fuente Ashrae.

Un ambiente muy seco puede reseca las vías respiratorias de los usuarios, retirando la capacidad natural de retención de partículas por la capa húmeda interna de los tejidos y, por tanto, incrementa la probabilidad de infecciones respiratorias; mientras que un ambiente muy húmedo permite la pervivencia durante más tiempo de los aerosoles líquidos en suspensión al no secarse fácilmente.

Como resumen, para evitar lo anterior y optimizar este tipo de instalaciones, se pueden seguir las siguientes indicaciones:

- Realizar la producción centralizada de los fluidos térmicos: frío y calor.
  - o Se reduce el número de bandejas a una en cada climatizador y ubicada en una sala de máquinas.
  - o Se reducen los recorridos de tuberías, lo que redundará en menores pérdidas térmicas.
  - o Menor riesgo de legionela.
  - o Unidades de tratamiento de aire centralizadas y zonificadas.
- Realizar la distribución de aire tratado mediante cajas de volumen variable.
- Desechar el uso general de unidades terminales de tipo Fan-coil por presentar los siguientes inconvenientes:
  - o Mantenimiento continuo.
  - o Instalación de bandejas para recogida de condensados en los locales ocupados (ancianos/enfermos), lo que propicia un alto riesgo de aparición de legionela.
  - o Sólo se deben utilizar unidades autónomas

en Central informática/SAI/ Seguridad.

- Instalar electrobombas con variación de frecuencia porque permiten:
  - o Consumo ajustado a las cargas térmicas demandadas en cada momento.
  - o Presiones disponibles menores, lo que implica menor consumo eléctrico.
- Utilizar unidades de climatización con sección de free-cooling, lo que implica un ahorro energético.
- Utilización de un sistema de control distribuido, lo que permite una gestión eficiente y fácil del edificio.

## 2.6. Tipo de iluminación y control

Los centros sanitarios, en general, son espacios de uso público, de difícil control de los hábitos de los usuarios y de uso muy continuado. Estas características obligan, en este tipo de edificios, a la utilización de tecnologías que por su propia implantación garanticen un control de las cargas energéticas. Algunas de estas tecnologías son la sectorización del control de la iluminación y la temporización del control de la iluminación.

Como regla general, es preferible una iluminación general baja, con un alumbrado localizado alto en las zonas de trabajo, evitando sombras y deslumbramientos.

La luz natural es gratis y es una tecnología renovable. Los inconvenientes principales que presenta son la carga térmica que puede llevar a las ventanas y su impredecibilidad. El ahorro total posible de energía en un edificio utilizando luz natural es una combinación de ahorros de energía sobre el alumbrado artificial. La calidad y la cantidad de la luz que entra por las aperturas varía en función de:

- El acceso a la luz: pueden existir obstáculos como edificaciones o sombras proyectadas.
- Las dimensiones y disposición del espacio a iluminar.
- La forma (incide sobre el reparto de la luz hacia el interior).
- Las protecciones solares y complementos que reducen la cantidad de luz, pero controlan el deslumbramiento.

Para optimizar la captación de luz natural, sin aumentar la superficie de vidrio, se deben utilizar soluciones constructivas del tipo jambas en cha-

flán, dinteles hasta el techo, bandejas de luz o pantallas horizontales reflectantes colocadas en el exterior para reflejar la luz hacia el interior.



Figura N° 3: Sección de edificio con conductos de luz.

- **Control de la iluminación**

Un sistema de control puede ser manual o automático, y puede funcionar sobre diferentes parámetros de la instalación de alumbrado, como el nivel de iluminación, la distribución de luz, la distribución espectral,... El control de alumbrado automático puede estar basado en sistemas de control en respuesta a la luz natural, ausencia de personas o tiempo de encendido.

En un sistema de control en respuesta a la luz natural se puede ahorrar hasta el 80% de la energía de alumbrado. Las combinaciones disponibles reales con detectores de presencia pueden mejorar estos ahorros de manera significativa. Sin embargo, el ahorro real de energía mediante un sistema de control en respuesta a la luz natural está bastante restringido, cuando se prioriza la utilización de luminarias de alto rendimiento.

La actual tecnología permite integrar el sistema de control de alumbrado con un Sistema de Gestión de Edificios. En este caso, es posible que el ordenador central vigile el control de alumbrado o permita acoplar la iluminación con otros sistemas del edificio. Esto puede ser útil cuando, por ejemplo, las luces son apagadas en periodos de vacaciones, en función del horario de apertura o las prestaciones de los sistemas de calefacción y alumbrado son ajustados para complementarse entre sí.

Un aspecto importante de la instalación, muy a menudo pasado por alto, es la formación del personal de mantenimiento y ocupantes del edificio en el funcionamiento y propósito de los sistemas de control que responden a la luz natural.

## 2.7. Instalación eléctrica

Hay multitud de parámetros que influyen en la eficiencia de la instalación eléctrica del edificio, como ejemplo:

- **Compensación de la energía reactiva**

La implementación de dispositivos de medida junto a un sistema de compensación adecuado dentro de la instalación eléctrica, puede generar grandes beneficios al centro y la reducción en costos de energía.

- **Atenuación de armónicos**

Los armónicos que circulan por las redes de distribución reducen la calidad de la alimentación eléctrica, provocando una serie de efectos negativos, entre los que se pueden destacar: sobrecargas en las redes de distribución debido al aumento en la corriente; sobrecargas en los conductores neutros debido al aumento acumulativo en los armónicos de tercer orden creados por cargas monofásicas; sobrecargas, vibración y envejecimiento prematuro de generadores, transformadores y motores; aumento del ruido del transformador; sobrecargas y envejecimiento prematuro de los condensadores utilizados en la corrección del factor de potencia; distorsión de la tensión de alimentación; perturbaciones en las redes de comunicación y en las líneas telefónicas,...

Los armónicos tienen importantes consecuencias económicas, pues ocasionan el envejecimiento prematuro del equipo lo que hace que se tenga que sustituir con más frecuencia, a menos que se sobredimensione desde el principio. Las sobrecargas en la red de distribución pueden necesitar niveles de contratación de potencia superiores y aumentar las pérdidas y la distorsión de las ondas de corriente, produce disparos intempestivos que pueden provocar interrupciones del suministro eléctrico.

Para eliminar los armónicos y sus consecuencias, es necesario equipar la instalación con sistemas de filtrado. Para ello, hay tres tipos de filtros: pasivos, activos e híbridos que se deben instalar una vez puesta en marcha la instalación y realizadas las correspondientes mediciones.

- **Tarifas eléctricas**

Actualmente en España, en régimen ordinario, coexisten el mercado libre (que ofrece la posibi-

lidad de negociar el precio de la energía con las comercializadoras eléctricas) y una tarifa fijada por el gobierno, la Tarifa Último Recurso (TUR). Los comercializadores adquieren la energía a generadoras eléctricas (asumiendo el coste de la energía y la tarifa de acceso a redes) y la venden a los consumidores o a otros comercializadores mediante libre comercialización o tarifa de último recurso.

Es necesario tener información sobre las estructuras de tarifas locales para elegir la mejor opción de conexión a la red de alimentación, en alta o baja tensión. Cada tarifa eléctrica puede tener varios periodos tarifarios (dos, tres o seis), en los que el término de potencia y el término de energía toman valores diferentes. En la Figura N° 4 se muestra un resumen de las tarifas de energía eléctrica vigentes.

## 2.8. Uso de energías alternativas

Es fundamental complementar las instalaciones del edificio con energías alternativas y, en caso de no ser viables, recurrir al uso de combustibles más económicos y menos contaminantes.

### • **Energía fotovoltaica**

La instalación de energía solar fotovoltaica aprovecha la luz del sol para producir energía eléctrica que puede autoabastecer, en mayor o menor medida al centro, provocando una reducción directa de la factura de la luz.

### • **Instalación de ACS con panel**

Este tipo de instalación nos permite reducir considerablemente el consumo energético al complementar la instalación de generación de agua caliente sanitaria.

### • **Instalaciones de biomasa**

La instalación de sistemas basados en la generación de energía térmica con biomasa en edificios del sector terciario, es uno de los actuales retos a los que se enfrenta el sector de las energías renovables, que ha despegado en lo referente a captación de energía solar, pero que aún está en fase de desarrollo en lo correspondiente a la biomasa, aunque la tecnología existente en la conversión energética mediante biomasa asegura el funcionamiento eficiente de estas instalaciones.

La utilización de la biomasa como combustible permite la utilización de una energía renovable de la que se dispone en gran abundancia, aprovechando fuentes autóctonas y convirtiendo un residuo en recurso, gracias a su aprovechamiento energético (Ver Figura N° 5).

Si comparamos el coste económico por kilowatio hora relativo al empleo de distintos combustibles, considerando los costes derivados del transporte al punto de suministro, y comparando con los costes de combustibles no renovables (gasóleo y gas natural), se puede observar que el hueso de aceituna es un 20% más económico que el "pellet", un 41% que el gas natural y un 50% que el gasóleo C.

## 2.9. Recuperación de agua

Sólo para posicionarnos y hacernos una idea del dispendio que puede sufrir este bien de primera necesidad, un hospital de tamaño medio consume aproximadamente el equivalente a 7.000 personas /año, por lo que es de vital importancia la reducción de consumos y la implantación de medidas de carácter medioambiental en defensa del medio natural, una óptima calidad del servicio y una creciente sostenibilidad de la sociedad.

Analizando la Figura N° 6, se aprecia que el grueso del gasto corresponde al uso del agua por parte de los usuarios, siendo fundamental la labor de concienciación y la instalación de métodos de control de consumos entre los que destaca:

TENSIÓN	DENOMINACIÓN	POTENCIA	DISC HORARIA	REACTIVA
BAJA TENSIÓN	TUR	<10 KW	SI	NO
	2.0 A		NO	NO
	2.0 DHA	2 PERIODOS	NO	
	2.1 A	<15 KW	NO	SI
	2.1 DHA	2 PERIODOS	SI	SI
ALTA TENSIÓN	3.0 A	SIN LIMITE	3 PERIODOS	SI
	<36 kV	3.1 A		
	<36 kV	6.1	6 PERIODOS	SI
	<72.5 kV	6.2		
	<145 kV	6.3		
	145 kV<	6.4		
Conex Intern	6.5			

Figura N° 4: Resumen de tarifas de energía eléctrica. Fuente ATECYR.



Figura N° 5: Biomasa utilizada en instalaciones automatizadas.

• **Grifería de bajo consumo**

Una importante medida de ahorro de agua en un centro sanitario es la utilización de grifos de bajo consumo, que suelen llevar un filtro para evitar salpicaduras (rompeaguas o aireadores), disponiendo de tecnologías punteras, como los perlizadores y eyectores, que reducen el consumo de agua un mínimo del 50% en comparación con los equipos tradicionales. Además aportan otras ventajas, como una mayor eficacia con los jabones, por su chorro burbujeante, a la vez que son anticalcáreos y antibloqueo. En la Figura N° 7, se observan las curvas comparativas del consumo de un equipo tradicional y otros economizadores, domésticos y profesionales.

• **Otras mejoras en la optimización de consumo de agua**

- Instalación de dispositivos de doble descar-

ga o de interrupción voluntaria, tanto en cisternas de inodoros como en fluxores.

- Instalación de reguladores de presión en las líneas de impulsión de agua fría de consumo humano y agua caliente sanitaria.
- Instalación de sistemas de riego automático y riego por goteo en las zonas de jardín.
- Seleccionar especies autóctonas de bajas necesidades hídricas en el diseño de jardines y disponerlas en función de sus requerimientos de riego.
- Por otro lado, es de suma importancia la reutilización de todos aquellos efluentes que permitan un segundo uso, aumentando por tanto el ciclo de vida útil de este recurso.

**2.10. Sistemas de gestión y control inteligente**

El sistema de control es una pieza clave en la vigilancia de la eficiencia. Es la fuente de datos históricos, que permite identificar las posibilidades de ahorro energético y estimar la cuantificación del ahorro. En caso de ser necesaria una inversión, esta cuantificación permite calcular el periodo de retorno de la inversión. Existen varios aspectos sobre los que actuar para lograr una mejor eficiencia del conjunto del edificio y que sólo es viable gracias a los sistemas integrados de control:

- Adelantar la hora de parada: la inercia térmica del edificio mantendrá las condiciones durante un tiempo que dependerá de la calidad del aislamiento. Es una posibilidad que se debe analizar con una prueba controlada.
- Modo de funcionamiento “en espera”: consiste en parar el sistema y arrancarlo sólo cuando las sondas de temperatura lo indiquen. Igual que el anterior, la viabilidad dependerá de la

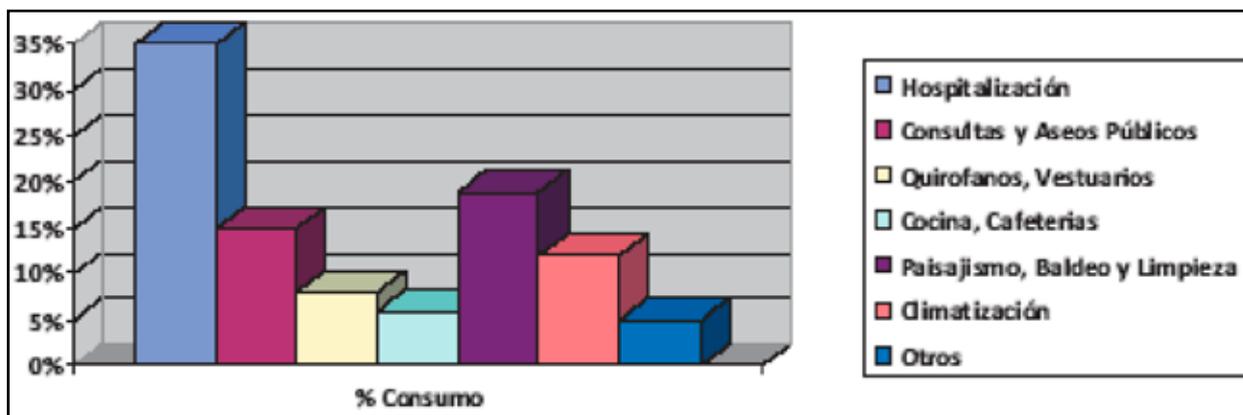


Figura N° 6: Cuadro orientativo de la distribución de consumos de agua en un Hospital.

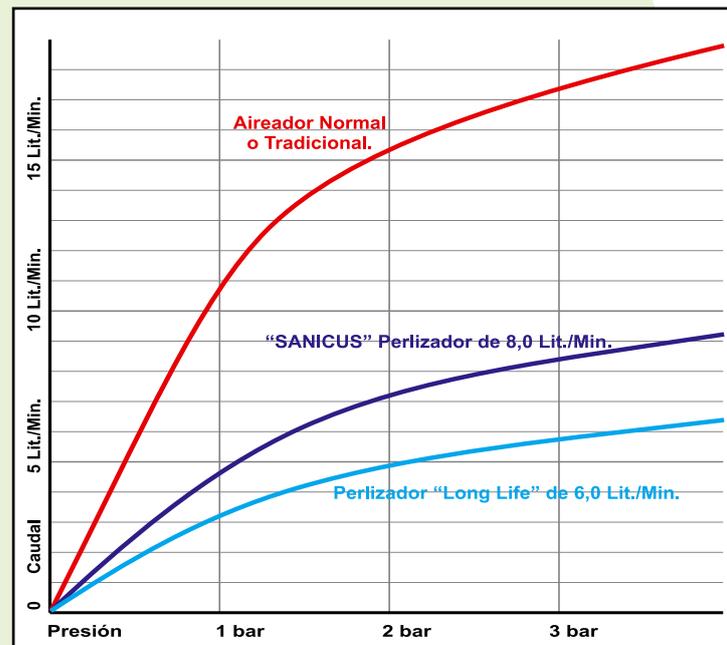


Figura N° 7:  
Consumos de griferías normales y ecológicas con perlizadores.

calidad del aislamiento, pero igual que el anterior, merece una prueba controlada.

- Funcionamiento a potencia parcial: apagado por zonas, funcionamiento con los variadores al 0 %, sólo con un ventilador si hay dos, etc.

Un factor determinante y que debemos mencionar es el sistema de mantenimiento. A la hora de gestionar un sistema de mantenimiento nos encontramos con una gran cantidad de información que manejar, por lo que es imprescindible la utilización de un software adecuado para facilitar y agilizar dicha gestión. Es decir, estamos hablando de utilizar un GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador).

Ventajas de un GMAO:

- Nos va a permitir contrastar datos y disponer de ellos en tiempo real, por lo que la toma de decisiones será más rápida y flexible y con criterios objetivos. Podremos analizar y ajustar las tareas de forma más eficiente reduciendo los tiempos de análisis.
- Nos facilita el análisis de las averías, pudiendo detectar más fácilmente las averías repetitivas, permitiendo de esta forma atacar la causa raíz, algo que habitualmente no es posible debido a la falta de tiempo.
- Nos va a permitir dar un paso más, es decir, pasar de un correctivo a un preventivo, de un preventivo a un predictivo y de un predictivo

a un proactivo. Nos va a posibilitar optimizar tareas y reducir tiempos y costes.

- Pasaremos de manejar una cantidad ingente de papel y de hojas de cálculo, a poder acceder a la información que necesitamos de forma inmediata y allí donde la necesitemos.
- Nos facilitará el control de las tareas, la asignación de los trabajos a los operarios, el nivel de ocupación de los empleados, el análisis de los tiempos empleados y de los recursos necesarios.
- En resumen, un GMAO nos da tiempo, tiempo para el análisis, tiempo para poder optimizar tareas, tiempo para reducir averías, en definitiva, tiempo para reducir costes y ser más rentables.

## 2.11. Otros recursos

- Utilización de papel reciclado u otras alternativas ecológicas (libre de cloro, menor gramaje, procedencia sostenible).
- Establecer medidas de administración electrónica.
- Dispensar medicamentos unidos.

## 3. TENDENCIAS DE ACTUACIÓN

En los epígrafes precedentes, se han descrito diversos puntos de actuación en los que se está trabajando en la actualidad. No obstante, la tendencia futura es complementar lo anterior con una reducción de afluencia de los usuarios.

Los servicios relacionados con la salud están sufriendo cambios estructurales muy importantes. Por un lado, los centros hospitalarios son espacios para el servicio social con importantes requerimientos de confort y, sobre todo, de prestación de las últimas técnicas médicas. Sin embargo, por otro lado, un centro hospitalario es también un centro de servicios en el campo de la salud, que se debe regir por las reglas de la economía con respecto a la calidad y coste de sus servicios.

El hospital asume funciones de prevención y promoción, que hacen referencia a actuaciones sanitarias programadas sobre individuos o grupos de población específicos o de riesgo, integrándolas con actuaciones de carácter puramente asistencial.

El edificio debe procurar satisfacer no sólo las necesidades técnicas (eficacia, efectividad, adecuación,...) sino también otros aspectos relativos a la calidad percibida por el usuario: seguridad, fiabilidad, accesibilidad, capacidad de respuesta o empatía.

En general, son edificios de pública concurrencia, normalmente gestionados por administraciones públicas, donde un equipo de trabajo multidisciplinar trabaja en horario continuo pero no homogéneo, en unas condiciones higiénicas rigurosas (renovaciones hora, humedad, temperatura, iluminación,...), con un nivel de ocupación fragmentado que, por la peculiaridad de su uso, debe reunir unas condiciones de confortabilidad tales que consiga ser agradable y amigable, tanto para los profesionales como para los usuarios del mismo.

Todos estamos familiarizados con la atmósfera funcional de los hospitales, la tristeza, los pasillos que nunca terminan y el mobiliario frío y monótono de las habitaciones en las cuales los pacientes deben recuperarse de sus enfermedades. Diversos estudios han determinado que el factor anímico es un potenciador de la recuperación anticipada de un paciente, la adecuada iluminación puede influenciar el estado de ánimo y, por tanto, combinada con otros elementos, contribuir significativamente al proceso de recuperación del enfermo.

Hay experiencias en diversos hospitales europeos que han integrado la eficiencia energética con las necesidades asistenciales, adaptadas

como complementos a nuevos tratamientos y han conseguido algunos éxitos como reducir las estancias en hospital e incrementar la externalización del tratamiento de muchos pacientes.

En definitiva, creando entornos más hogareños para el enfermo (ambientes cálidos, iluminación por zonas, control de la iluminación por el enfermo o materiales más confortables) se ha conseguido reducir significativamente los tiempos de recuperación, contribuyendo de una forma efectiva al bienestar del paciente y a la reducción de estancia en el centro, con el potencial ahorro que eso significa. Todo esto utilizando las tecnologías disponibles, y primando siempre la eficiencia de las instalaciones. El ahorro de energía también es una prioridad, tanto por la necesidad de reducir costes en la explotación de los centros, como por la aportación que esta reducción de la carga energética hace a la conservación del medio ambiente.

La sociedad requiere, cada vez más, asistencia sanitaria de mayor calidad y más amplia, a lo que se suma una cada vez mayor esperanza de vida, redundando en una demanda superior de servicios geriátricos y hospitalarios. Esto supone un mayor peso específico de los centros relacionados con la salud en el reparto de los consumos de energía y, por tanto, son focos de todas las medidas para reducir el costo medioambiental que esto supone.

Otra tendencia complementaria a la anterior es la implantación de servicios de telemedicina.

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) están cada vez más asentadas y abren un futuro de posibilidades. Una oportunidad menos explorada pero igualmente válida en su desarrollo es su aplicación medioambiental, en el sentido de que permiten reducir desplazamientos innecesarios. Por ejemplo, con la implantación de servicios de telemedicina, utilizando tecnologías como la audio-conferencia o la video-conferencia. Los beneficios que podemos obtener con estos servicios de telemedicina se pueden resumir en los siguientes:

- Obtener información del paciente de forma audiovisual.
- Tener accesibilidad a especialistas con rapidez.
- Acortar los tiempos de espera de los pacien-

tes para ser valorados por diferentes especialistas.

- Conseguir un mejor aprovechamiento del tiempo de los profesionales.
- Reducir los costes derivados de los desplazamientos.
- Contribuir a la sostenibilidad ambiental, ya que podemos comunicarnos con el médico a distancia, sin necesidad de desplazamientos hacia el centro sanitario, evitando el consumo de combustible y las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas.
- Disminuir el potencial riesgo sanitario de los pacientes derivado de los desplazamientos.

Por otro lado, cada vez tienen más peso los sistemas de gestión, destacando la implantación de Sistemas de Gestión de Eficiencia Energética según la norma Norma UNE-EN ISO 50001:2011.

Un Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) conforme a la Norma UNE-EN ISO 50001:2011,

es aplicable a cualquier organización que desee:

- Mejorar la eficiencia energética de sus procesos de forma sistemática.
- Establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión energética.
- Incrementar el aprovechamiento de energías renovables o energías excedentes propias o de terceros.
- Asegurar su conformidad con su política energética.
- Demostrar esta conformidad a otros.
- Buscar la certificación de su sistema de gestión energética por una organización externa.

Como vemos, el progreso de la eficiencia y la sostenibilidad es un campo infinito de posibilidades, donde el único factor limitante es la capacidad de imaginar nuevas aplicaciones y realizar una mejora continua de las técnicas ya existentes.

## BIBLIOGRAFÍA

- IDAE. "Plan de ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020".
- IDAE. Guía Técnica para el Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios. 2005.
- IDAE. Guía Técnica de Eficiencia Energéticas en iluminación.
- IDAE. Guía técnica de mantenimiento de instalaciones térmicas.
- CODIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN.
- REGLAMENTOS DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS.
- GARCÍA SANZ-CALCEDO J. Análisis del potencial de ahorro energético en Centros de Salud.
- GARCÍA SANZ-CALCEDO, J.; CUADROS, F.; LÓPEZ-RODRÍGUEZ, F. La auditoría energética: Una herramienta de gestión en Atención Primaria. Gaceta Sanitaria (2011).
- PRITCHARD, P.; LOW, K.; WHALEN, M.; Management in General Practice. Spanish Institute for Health. Spain 1990.
- GARCÍA SANZ-CALCEDO, J.; GARRIDO, S.; PÉREZ, C.; LÓPEZ, F.; Gestión Energética en Servicios de Salud. Revista Ingeniería Hospitalaria 34 (2007).
- PALACIO, F.; MARQUET, R.; OLIVER, A. et al. Las expectativas de los pacientes: ¿qué aspectos valoran en un centro de salud?: Un estudio cuantitativo. Atención Primaria 31-5 (2003).
- GARCÍA SANZ-CALCEDO, J.; CUADROS, F.; LÓPEZ, F.; RUIZ, A. Influence of the number of users on the energy efficiency of Health Centers. Energy and Building 43-7 (2011).
- REY MARTÍNEZ, F.; VELASCO GÓMEZ, E. Eficiencia energética en edificios. Certificación y Auditorías Energéticas. Thomson 2006.
- FRUTOS, B. M.OLAYA, M. El sistema de fachada trasventilada como elemento de contribución al control de la transferencia de energía en el cerramiento del edificio. Frío, calor y aire acondicionado, nº 372, 2005.
- MARTÍN CHILAVET, N. Los módulos fotovoltaicos en la edificación: posibilidades y directrices de diseño. Técnica Industrial 296. 2011.
- UNIÓN EUROPEA. Guía técnica de iluminación eficiente para los sectores residencial y terciario. Intelligent energy. 2009.
- SCHNEIDER. Guía de diseño de instalaciones eléctricas según normas internacionales IEC. 2008.
- ATECYR. Auditorias energéticas en edificios. Madrid, 2010.
- ASHRAE - Guideline 4. Preparation of Operating and Maintenance Documentation for Building Systems.
- ATECYR. Sistema de climatización. DTIE 9-05. Madrid, 2009.
- ATECYR. Relación entre el edificio y el sistema de climatización. DTIE 9-02. Madrid, 2001.
- RUIZ MOYA, L. Sistemas de ahorro de agua y energía. Guía de ahorro y eficiencia energética en hospitales. Tecnología, Ecología e Hidroeficiencia, S.A. 2010.
- ATECYR. Instalación de climatización en hospitales. DTIE 1.06. Madrid 2012.
- AULÍ, E. Sostenibilidad en edificios sanitarios. Plataforma Editorial. Barcelona (España).2001.
- BALLBÉ, J. Eficiencia energética y calidad visual en instalaciones de iluminación hospitalarias. Ingeniería Hospitalaria. 2008.
- BURGOS M, ALCOLEA S, RODRÍGUEZ J, RUIZ L, DURÁN J, SANZ A ET AL. Guía de ahorro y eficiencia energética para hospitales. Fenercom.2010.
- CORRETTGER, M. Incidencia del mantenimiento en la gestión energética en los edificios. Ingeniería Hospitalaria.2008.
- CUCHI A, WADEL G & RIVAS P. Cambio Global España 2020-2050. Sector edificación. Societat Orgànica. Madrid (España).2010.

# Mantenimiento, Gestión de Activos y Resultados Económicos



Juan Pedro Maza Sabaete

Director de la Revista **Mantenimiento**  
Asociación Española de Mantenimiento (AEM)

## 1. INTRODUCCIÓN

**E**l mundo del mantenimiento está asistiendo a una interesante presión para que su actuación se vea inmersa en el concepto emergente de la gestión de activos. No solo se hacen muchas publicaciones sobre el asunto, sino que proliferan asociaciones con nombres muy similares que pretenden aglutinar esfuerzos para conseguir la ansiada meta de la integración o algo similar, porque, a veces, no está clara la finalidad. En Internet se pueden encontrar infinidad de artículos, blogs y foros de debate. Bastantes organizaciones han corrido para no quedarse atrás en el revolucionario proceso de modernización. Y otros permanecemos perplejos ante una corriente que, en bastantes casos, nos parece de un cauce complejo o indefinido. Partiendo de la base de que el mantenimiento es un elemento importante de la gestión de activos físicos, intentamos encontrar las vías para expresar esa importancia.

## 2. LA EXPERIENCIA RECIENTE

De la gestión de activos relacionada con el mundo del mantenimiento se viene hablando durante más de una década. Hace algunos años, en el ámbito de un Congreso Iberoamericano de Mantenimiento, oímos a un conferenciante decir que *“a partir de ahora ya no se hablará de mantenimiento, habrá que hablar de gestión de activos”*. Esta afirmación, que provocó un intenso debate en el coloquio, se vuelve a escuchar con relativa frecuencia en diversos foros ocasionando una grave distorsión conceptual en el mundo del mantenimiento. Y es que en esa formulación van incluidas dos claras deficiencias: una referida al proceso temporal y otra referida a la definición misma de los términos usados en ella.

En efecto, en la explicación de bastantes expositores parece como si el mantenimiento, en un proceso de mejora continua, hubiera llegado a descubrir que la cima de ese proceso es la gestión de activos. La gestión de activos aparece como la meta ansiada por los gestores de mantenimiento que han estado absortos en sus reparaciones, de día, de noche, el fin de semana... Y claramente, esto es un desconocimiento tremendo de la realidad. El hombre del paleolítico disponía de un amplio abanico de activos físicos: flechas, rascadores, cobertizos, pieles, carnes ahumadas, etc. El hombre paleolítico tallaba piedras, preparaba las pieles, almacenaba leña para el fuego, o ahumaba las carnes para darle duración. En resumen, el hombre paleolítico gestionaba sus activos, es decir, construía, usaba, almacenaba o abandonaba los utensilios cuando ya no servían. Hacía gestión de activos. Porque la gestión de activos no es algo nuevo y revolucionario, es lo que se ha hecho siempre. Igual que el personaje de Molière que se sorprendía de haber hablado prosa durante más de cuarenta años sin saberlo. Y, por consiguiente, no tiene sentido decir que la evolución del mantenimiento desemboca en la gestión de activos.

A grandes trazos, la gestión de activos físicos se inicia con los estudios de viabilidad, estudios de tecnología, proyectos de ingeniería y de construcción; a los que siguen los procesos de comisionado y de puesta en marcha; la larga vida de producción con sus múltiples variables de planificación, visión de mercado, selección de productos, etc. y, finalmente, hay que darle la baja definitiva, sea por obsolescencia física, técnica o económica. Y el mantenimiento es una parte importante de todo el proceso. Así que no tiene sentido identificar el mantenimiento con la gestión de activos. Como dice Ron Moore<sup>1</sup> parece como si se tratase de cambiar de nombre a la gestión de mantenimiento para mejorar de imagen.

### 3. EL IMPACTO DE LA NORMA PAS 55 (PUBLICLY AVAILABLE SPECIFICATION)

Desde su publicación en 2004 y después con su primera revisión en 2008, la norma PAS 55 ha tenido una gran relevancia en amplios campos empresariales. Son muchas las organizaciones que han corrido en el proceso marcado por la norma para alcanzar un nivel excelente en la gestión de activos, para garantizar que durante todo el ciclo de vida de los activos físicos se consigue alinear la actividad con los objetivos estratégicos de la compañía. Y han sido muchas las organizaciones de mantenimiento que han puesto en marcha proyectos que acuden a los 28 requerimientos de la norma para hacer sus autoevaluaciones. Esto ha dado lugar a dos situaciones bien distintas. Por una parte, ha habido empresas que se han interesado en mejorar su gestión de activos y, directamente o apoyados por expertos, han recurrido a la disciplina de la PAS 55. Un proceso que, en principio, nos puede parecer correcto. Pero por otra parte, ha habido mantenimientos que se han arrogado el papel de gestores de activos, o bien, han pretendido ir por ese camino al margen de la marcha de la compañía.

Para este último camino ha habido una gran cantidad de ofertas de expertos que proponían a mantenimiento proyectos que les permitieran en un futuro acceder a la certificación que les reconociera como expertos en la gestión eficaz de activos.

En ese ambiente de querer alcanzar la excelencia de mantenimiento por el camino de la gestión de activos basado en la PAS 55, lo primero que hay que decir es que no se trataba de una norma sino de un borrador de norma. Para la *British Standards Institution* (BSI), un documento clasificado como *Publicly Available Specification* (PAS) es un paso en el proceso de creación y desarrollo del consenso para convertirse en una norma BS. Una norma BS es un documento que ha alcanzado el acuerdo total de todas las partes interesadas, mientras que una propuesta PAS es como un proyecto que está en condiciones de recibir todavía comentarios. Para el caso de la PAS 55, la primera edición fue en abril del 2004, la segunda en septiembre del 2008. Y desde entonces, la PAS 55 no ha logrado aún el consenso para ser considerada una norma BS. Y como dice Sexto<sup>2</sup> *¿Cómo se puede en estas condiciones intentar fijarla como certificable y como estándar para validar y comparar desempeños en*

*Asset Management*? No se han hecho públicas las razones que explican esta enorme dilación en la consecución del acuerdo de todos los agentes implicados, pero parece ser que existen defectos fundamentales en su concepto mismo de norma.

### 4. LA IRRUPCIÓN DE LAS NORMAS ISO 55000 PARA LA GESTIÓN DE ACTIVOS

En el año 2014 se han publicado las normas ISO sobre Asset Management que comprende tres documentos diferentes:

- *ISO 55000 Gestión de activos- Descripción, principios y terminología.*
- *ISO 55001 Gestión de activos- Sistemas de Gestión- Requisitos.*
- *ISO 55002 Gestión de activos- Sistemas de Gestión- Directrices para la aplicación de la norma ISO 55001.*

Todo lo que se venía leyendo sobre el contenido de estas normas es que se trataría de la consagración de la PAS 55, de la consolidación de todos los trabajos que se habían realizado tratando de adecuarse a los 28 requerimientos, de prepararse para las certificaciones, de modificar el lenguaje de mantenimiento... Pero no. Son dos aproximaciones radicalmente distintas a la gestión de activos. A pesar de que bastantes de los expertos en PAS 55 se han apresurado a explicar que se trata de una continuidad lógica, claramente no es así. Las diferencias son tan generales que ya algunos de aquellos expertos hablan de la ISO 55000 como si nunca hubieran conocido la anterior PAS 55.

El cambio más significativo es el propio campo de aplicación: mientras que PAS 55 se centra en los activos físicos, la ISO 55000 está diseñada para ser utilizada para cualquier tipo de activos. Esto ha traído como consecuencia una gran simplificación y generalización de la terminología, empezando por la propia definición de lo que es la gestión de activos. También se ha dado más contenido al concepto de ciclo de vida o más trascendencia a la estrategia empresarial. En concreto, una certificación basada en PAS 55 difícilmente va a ser homologada a la normativa ISO. Y si se han obtenido beneficios del proceso de certificación, ahí quedan, pero nada más.

Como creemos oportuno recordar la esencia de la norma, lo que se nos dice en el Ámbito de aplicación de la misma: el término “*sistema de*

gestión de activos se utiliza para referirse a un sistema de gestión para la gestión de activos”. Es decir, las normas ISO 5500, ISO 55001 y ISO 55002 no son normas que expliquen en qué consiste la gestión de activos, sino que profundiza en los principios en que se ha de basar la gestión de activos para cumplir sus objetivos, poniendo énfasis en la creación de valor. Por eso se insiste en que la norma no proporciona información financiera, contable o técnica de orientación para la gestión de ningún tipo de activos.

En este nuevo marco, hay quien sigue en la línea de identificar la gestión de activos como la fase excelente de la gestión del mantenimiento. Pero, con este proceso de cambio de normas, son muchos los que han entendido que la gestión de activos es un proceso global de la empresa y, en ella, el mantenimiento tiene una importante cuota, aunque no necesariamente la principal. En el 7º Congreso Mundial de Mantenimiento y Gestión de Activos celebrado recientemente en Cartagena de Indias, hubo un amplio debate que fue muy clarificador sobre esta cuestión. Y previamente lo había definido perfectamente Gerardo Trujillo<sup>3</sup> en su artículo: “Gestión de mantenimiento no es gestión de activos”.

## 5. LA APROXIMACIÓN DESDE MANTENIMIENTO

En una empresa cuya Dirección haya decidido homologar su gestión de activos acomodándola a la normativa ISO para una hipotética certificación, la organización de mantenimiento tendrá un trabajo bastante intenso e integrado en el proyecto global. Igualmente, una organización de mantenimiento puede decidir acometer un proceso de autoevaluación y revisión de sus procedimientos para alinearlos con los requisitos de la ISO 55000. Puede ser un camino para intentar alcanzar unas claras mejoras en la gestión de mantenimiento, aunque ha de tenerse en cuenta que durante el proceso se ha de conseguir la colaboración de otras áreas de la compañía que son ajenas al proyecto. Tanto en un caso como en otro, se habrá de tomar en consideración el propósito básico de la norma que es permitir a una organización lograr sus objetivos a través de la gestión eficaz y eficiente de sus activos. Objetivos íntimamente ligados al concepto de creación de valor, a la entrega de valor de una organización a través de la utilización de sus activos.

En base a lo anterior, cuando desde Mantenimiento se acomete un proyecto de este tipo resulta evidente que es primordial establecer desde un principio cuál es el valor que su organización aporta para alcanzar los objetivos de la empresa. Y, sin embargo, vemos con frecuencia que se acometen serios proyectos de mejora sin antes haber definido qué es la mejora de mantenimiento en función de

los objetivos de la compañía o en función del incremento de valor que se piensa conseguir. Vemos que esos proyectos de mejora suelen ir relacionados a la implantación de alguna de las muchas estrategias y técnicas de mantenimiento que están en la oferta de expertos consultores (Ver Figura N° 1).

- AM Asset Management
- AM Autonomous Maintenance
- APL Applications parts lists
- BOM Bills of materials
- BSC Balanced score card
- CBM Condition based maintenance
- CM Corrective Maintenance
- CMMS Computerized maintenance management system
- DM Document Management
- EAM Enterprise asset management
- EDI Electronic data interchange
- ERP Enterprise resource planning
- FMCEA Faliure mode and critical effect analysis
- FMEA Faliure mode effect analysis
- FTA Failure tree analysis
- KPI Key performance indicator
- LCC Life cycle cost
- LM Lean maintenance
- ODR Operator Driven Reliability
- OEE Overall Equipment Effectiveness
- PDM Predictive maintenance
- PM Preventive maintenance
- PMO Preventive maintenance optimization
- PPM Planned Preventive Maintenance
- RAM Reliability, availability and mantenability analysis
- RBI Risk based inspection
- RBM Reliability Block Modelling
- RCA Root cause analysis
- RCFA Root cause failure analysis
- RCM Reliability centered maintenance
- RRM Risk Reliability Management
- RTF Run To Failure
- TPM Total productive maintenance
- TPM Total Productive Manufacturing
- VDM Value Driven Maintenance
- WCM World Class Maintenance
- 5s
- 6 sigma

Figura N° 1: Estrategias y técnicas de mantenimiento.

Y no decimos que no sean válidos los proyectos basados en estas técnicas. La dedicación y esfuerzo siempre deja su fruto y, en muchos casos, deja una formación sobre cuestiones de gestión que suele faltar en las organizaciones de mantenimiento. Lo que sí decimos es que a veces se acometen largos procesos de cambio sin haber definido la ventaja que tendrá en los resultados de la compañía en el sentido que lo exige la ISO 55000 de gestión de activos. Y cuando el éxito no es palpable deja a la organización con baja moral para embarcarse en un nuevo proyecto de cambio. Por todo ello, tener definido el objetivo del mantenimiento se hace prioritario al acometer un proyecto de homologación de la actividad en base a las normas ISO 55000. Recientemente, el organismo europeo de normalización ha publicado la norma *UNE-EN -16646: 2015. Mantenimiento. Mantenimiento en la gestión de los activos físicos*. Se trata de un intento de armonizar la actuación de mantenimiento de acuerdo con los principios de la ISO 55000, aunque no se trata de un apéndice de las mismas. Aunque habrá quien se interese en ir directamente a la ISO, no cabe duda que esta aportación de UNE puede ser de una gran ayuda.

## 6. EL OBJETIVO DEL MANTENIMIENTO EN EL ÁMBITO DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS

Si la meta de la gestión de activos es generar valor para los resultados de la compañía, la pregunta inmediata ha de ser cómo colabora mantenimiento en ese proceso de generar beneficios. Y se puede hacer un análisis detallado<sup>4</sup> para llegar a la conclusión de que el mantenimiento influye en los resultados de la compañía por dos vías que se interrelacionan. Por una parte, el mantenimiento genera unos costes que, indudablemente, restan en la cuenta de resultados. En segundo lugar, la actividad de mantenimiento genera la disponibilidad de los activos físicos para que estén en condiciones de cumplir con su función en las condiciones especificadas. Incrementar la disponibilidad supone una mayor producción, un menor peso de los costes fijos, unas menores pérdidas en desechos, etc. Por consiguiente, disponibilidad y costes son las dos variables que la organización de mantenimiento ha de gestionar para poderse alinear con la gestión de activos exigida en las normas ISO 55000. Pero el panorama general que vemos no es muy atractivo. Muchas de las técnicas expuestas en el cuadro anterior no comienzan su proyecto haciendo una

auditoría sobre costes y disponibilidad y fijando los objetivos correspondientes. En los benchmarkings y encuestas<sup>5</sup> que se publican, se pone de manifiesto que son muy pocos los mantenimientos que disponen de un control real de los costes, ni tampoco de la disponibilidad. Y cuando acometemos auditorías específicas de mantenimiento, nos solemos encontrar con serias deficiencias en la elaboración de los datos y en el concepto mismo de nuestras dos variables básicas. Por todo ello, cualquier planteamiento serio de alinear el mantenimiento con una gestión eficiente de activos ha de empezar por plantearse ¿Cómo estamos situados en cuanto al control y la gestión de disponibilidad y de costes? ¿Cómo vamos a controlar el efecto que tiene sobre estas dos variables las modificaciones operativas que se introduzcan? ¿Y el efecto de estas dos variables sobre los resultados de la compañía?

## 7. RESUMEN

De todo lo anterior pueden resumirse los siguientes puntos:

- La gestión de activos no es la gestión de mantenimiento con otro nombre.
- El mantenimiento es una parte integrante de la gestión de activos.
- La norma PAS 55 es un borrador que no ha llegado todavía al rango de norma BS.
- Las normas ISO 55000 no dicen cómo se gestionan los activos, tratan de cómo han de ser los sistemas de gestión para que realmente se alcance los objetivos empresariales.
- La norma UNE-EN -16646:2015. Mantenimiento. Mantenimiento en la gestión de los activos físicos, trata de aportar ese puente con la gestión de mantenimiento, aunque no es definitiva.
- Si el mantenimiento ha de implantar un cambio que sirva para alinear su gestión con las normas de gestión de activos, ha de empezar por definir muy bien cuál es su incidencia en la generación de valor de la compañía.

### REFERENCIAS

- (1) Ron Moore, Asset Management? Or, Maintenance Management, Re-branded? Aparecido en Life Cycle Engineering, [www.lce.com](http://www.lce.com).
- (2) Sexto, Luis Felipe. LA PAS 55 y el extraño síndrome de Peter Pan. Disponible en Internet: blog Sostenibilidad & Mantenimiento. <<http://luisfelipesexto.blogia.com>><http://www.mantenimientomundial.com>.
- (3) Trujillo, Gerardo: Gestión de mantenimiento no es gestión de activos. Asociación Mexicana de Profesionales en Gestión de Activos. <http://www.amga.org.mx>.
- (4) Maza Sabaleta, Juan Pedro: Mantenimiento. Un modelo operativo y de gestión. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. 1987.
- (5) Encuesta AEM.

# Adecuación de Artes Gráficas del Atlántico a la Normativa de Riesgos Contra Incendios en Edificios Industriales



Rafael Hernández González

Director de Operaciones  
Grupo Editorial Prensa Ibérica en las Islas Canarias



## 1. INTRODUCCIÓN

**E**n el año de 1997 se realizó el proyecto del edificio industrial que acogería las instalaciones de Artes Gráficas del Atlántico para imprimir periódicos, folletos y revistas comerciales.

En ese momento, la normativa que existía respecto a las instalaciones contra incendios se recogía en la normativa NBE/CPI-91 y Reglas Técnicas CEPREVEN. Con estos antecedentes, el proyecto realizado se hizo como Sector Único de Incendios, no existía sectorización entre

las diversas secciones de la planta industrial y se cumplía con los sistemas de detección automática que la Norma exigía. De igual manera, el número de BIE'S (Bocas de Incendios Equipadas) Hidrantes y Toma de Agua de Bomberos eran los pertinentes.

Señalar que, en aquel momento, decidimos no instalar dentro del almacén de papel ningún equipo que utilizase agua para la extinción. Sin embargo, sí teníamos mangueras capaces de llegar desde el exterior del almacén hasta el punto más lejano del mismo para, en caso necesario, acceder y poder combatir un incendio.



Fotos N° 1 y N° 2.



Foto N° 3: Almacén de bobinas de papel

El criterio anterior se estableció porque el mayor peligro que tiene el papel en bobinas -es el que usamos en Artes Gráficas del Atlántico- no es el fuego, ¡es el agua! Además, también estamos absolutamente convencidos que los principales aliados contra cualquier accidente son el orden, la limpieza y la formación del personal.

Es importante tener en cuenta que cualquier bobina de papel, a la que se le acerque una llama, es muy difícil que prenda; el papel está muy prensado, no existe oxígeno entre las capas y el comportamiento es parecido a cuando intentamos hacer una barbacoa con carbón; hemos de emplear pastillas combustibles y gran cantidad de aire para que prenda el fuego; hay que realizar un gran trabajo. No es igual si el papel está suelto o en hojas separadas; en esas circunstancias es un producto altamente combustible.

El agua, si llegase a mojar la base por la que se almacena la bobina, aunque sea apenas unos pocos milímetros, inutiliza irremediablemente toda la bobina de papel. En aquel momento, pensamos que cualquier accidente por rotura de una tubería del agua contra incendios podía producir daños irreparables en la industria.

El Ministerio de Industria aprobó el Real Decreto de Reglamento de Seguridad Contra Incendios

en Establecimientos Industriales (Real Decreto 2267/2004, 3 de diciembre) y El Código Técnico de la Edificación que cambia sustancialmente lo anteriormente establecido. Con posterioridad, la Consejería de Industria del Gobierno Autónomo de Canarias (Decreto 16/2009, de 3 de febrero) establece un periodo de adaptación de los edificios a la normativa actual.

En ese momento, comenzamos a plantearnos el proyecto a realizar y, para ello, nos pusimos en las manos de la empresa de ingeniería Estudios Y Proyectos Industriales Juan Armas.

Al principio, todo eran dudas sobre la forma que teníamos que tratar el almacén de bobinas de papel: si con rociadores, si con BIE's, si inundando con agua nebulizada, etc., hasta que finalmente decidimos que lo apropiado, en caso de incendio, era inundar todo el almacén de papel con espuma. Vimos que la cantidad de agua que se necesitaba era muy inferior a la de otros sistemas de extinción que se habían estudiado.

En segundo lugar, se nos planteó la manera de sectorizar la nave de más de catorce mil metros cuadrados, en diversas áreas tal y como recoge la normativa. Pasamos de tener un sector único a nueve sectores independientes.



Foto N° 4: Sectorización de patio de rotativa, entrega de mercancía y almacén de promociones.

Posteriormente, estudiamos la mejor forma de ejecutar todo teniendo en cuenta que la producción industrial de Artes Gráficas del Atlántico se desarrolla durante las veinticuatro horas del día, trescientos sesenta y dos días del año. La industria no se para ¡tarea difícil de afrontar!

Tuvimos que ver dónde íbamos a construir el aljibe de agua contra incendios de doscientos metros cúbicos ¡Una barbaridad!



Foto N° 5.



Foto N° 6: Aljibe y sala de máquinas.

Teniendo siempre en consideración la tarea que nos habíamos propuesto y partiendo de la base que lo prioritario, en caso de un incendio, siempre son las vidas humanas, y en segundo lugar la preservación de los bienes materiales de manera que fuesen afectados lo menos posible; se decidió usar equipos de última tecnología, con sistemas innovadores en la prevención y en la extinción de fuego. Consideramos que era importante que todas las tuberías de aporte de agua contra incendio en el almacén fuesen por el exterior del edificio, y que solamente estuviese dentro del almacén la Boca de Incendio Equipada (las mangueras), con el mínimo peligro de inundación por rotura de tuberías.



Foto N° 7: Fachada norte instalación.

Otra faceta muy importante que abordar era un suministro eléctrico para la sala de bombas totalmente independiente del que existe en Artes Gráficas del Atlántico. El corte de bomberos deja sin electricidad a todo el edificio, evitando así el riesgo de sufrir electrocución a cualquier persona que pueda estar manejando agua. Se estableció un nuevo punto de conexión eléctrica exclusiva para el sistema contra incendio del edificio, totalmente separado del edificio industrial y con acceso directo a la sala de máquinas creada para controlar los equipos de extinción.

Una vez establecido todo lo anterior empezamos a contactar con los diferentes suministradores, empresas y servicios vinculados al sector, capaces de suministrar tecnología de última generación, que a su vez pudiesen mejorar las ideas primigenias y conocer los problemas que en la logística, preparación y ejecución de obra podríamos encontrarlos.

Fundamentalmente, había cuatro capítulos importantes en la obra que teníamos que acometer.

Foto N° 8:  
Vista general de tuberías de hidrantes y de espumógeno.

- El primero, realizar la obra civil.
- El segundo, todo lo referente a la hidráulica, tuberías, equipos y bombas de presión de agua.
- El tercero, era cómo íbamos a realizar la sectorización de todo el edificio con paredes, puertas, barreras y elementos resistentes al fuego.
- El cuarto y último, el sistema de detección (barreras infrarrojas, pulsadores y detectores de humos), alarma y central de detección a emplear.



Foto N° 9: Barrera Infrarrojos



Foto N° 10: Cortina cortafuegos no irrigada tela ignífuga.



Foto N° 11: Central contra incendios.

Básicamente la instalación está compuesta por:

- Grupo de Presión con dos motores (eléctrico y diésel) EBARA AFU12-CPE 150-310/160 EDJ según normas UNE 23500-2012.
- Sistema de Espuma de Alta Expansión con:
  - Generador AG-HEG400 con grado de expansión de 1/750 (1 litro de agua genera 750 litros de espuma).
  - 24 proporcionadores de espuma de 2,2 metros de 6" de diámetro.
  - 500 metros de tubería de 8" de diámetro.
  - Puestos de diluvio.

- Sistema de BIE's con:
  - 10 BIE's con mangueras de 45 milímetros.
  - 300 metros de tubería de 2 ½ ".
  - Válvulas, puestos de control y detectores de flujo.



Foto N° 12: Grupo Eléctrico.



Foto N° 13: Vista general grupos y depósito espumógeno.



Foto N° 14 Depósito de Gasoil.



Foto N° 15: Depósito Espumógeno.



Foto N° 18:  
Tuberías de espumógeno 8 pulgadas.



Foto N° 19: Otros ramales espumógeno.

• Sistema de Hidrantes:

- 6 Hidrantes de columna mojada de 6" de diámetro.
- 600 metros de tubería de acero negro con accesorios ranurados de 6".
- Válvulas, puestos de control y detectores de flujo.



Foto N° 20: Hidrante exterior.



Foto N° 16: Depósito Cebado Agua.



Foto N° 17: Proporcionadores.



Foto N° 21: Tuberías de Hidrantes de 6 pulgadas.



*Foto N° 22:  
Extintores salida de emergencia, Bies y ramal espumógeno.*

- Sistema de Rociadores Automáticos con:
  - 100 rociadores automáticos de ½ “, de 68°C, colgantes.
  - Puestos de control y alarma, válvulas y detectores de flujo.
- Detección y Control de Incendios compuesta de:
  - Central de Detección de Incendios (redundante) que en dos lazos tiene capacidad para controlar hasta 500 dispositivos, programable hasta 128 zonas.
  - 12 Barreras de infrarrojos detectores de humos.
  - Pulsadores, detectores de humos, controles de flujo, sirenas, etc.

La obra civil consistió en la realización del aljibe de agua, realización de la sala de máquinas y la compartimentación de las zonas que se realizó, en parte, con tabiquería de bloque y tabiquería ignífuga trasdosada, añadiendo pintura intumescente en toda la estructura metálica de soporte. Para separar las diferentes estancias se colocaron barreras cortafuegos en la culminación de las tabiquerías.

Se instalaron dieciséis puertas RF cortafuegos de diversos grados de resistencia dependiendo de la zona ubicada, también cinco cortinas de resistencia al fuego de dimensiones entre 3 x 4 metros y 5 x 5 metros sin aporte de agua, con resistencia de 120 minutos.

Existe una cadena de exutorios para evacuar los humos producidos y controlados por todo el sistema de gestión de la Central de Incendios.



*Foto N° 23:  
Central de alarmas con instrucciones.*



*Foto N° 24: Exutorio.*

Por último, añadir que durante el tiempo que se ha estado ejecutando la obra, ha sido puesto como primer objetivo velar por el cumplimiento de la protección y seguridad de la misma, cumpliendo con todo lo que exige la normativa y más.

El esfuerzo técnico y económico realizado por Artes Gráficas del Atlántico, junto con los diversos suministradores y la ingeniería, hacen que la adecuación la normativa vigente, de este edificio industrial, pueda considerarse como emblemática respecto a las realizadas dentro de la Comunidad Autónoma de Canarias.

El almacén de papel que tiene una superficie de 4.000 m<sup>2</sup> y que se ha de inundar con espuma hasta los 6,5 metros de altura (se tardará seis minutos), alcanza un volumen de 26.000 m<sup>3</sup>. Es la mayor instalación de inundación por espumógeno de Canarias.

# OSIRIS



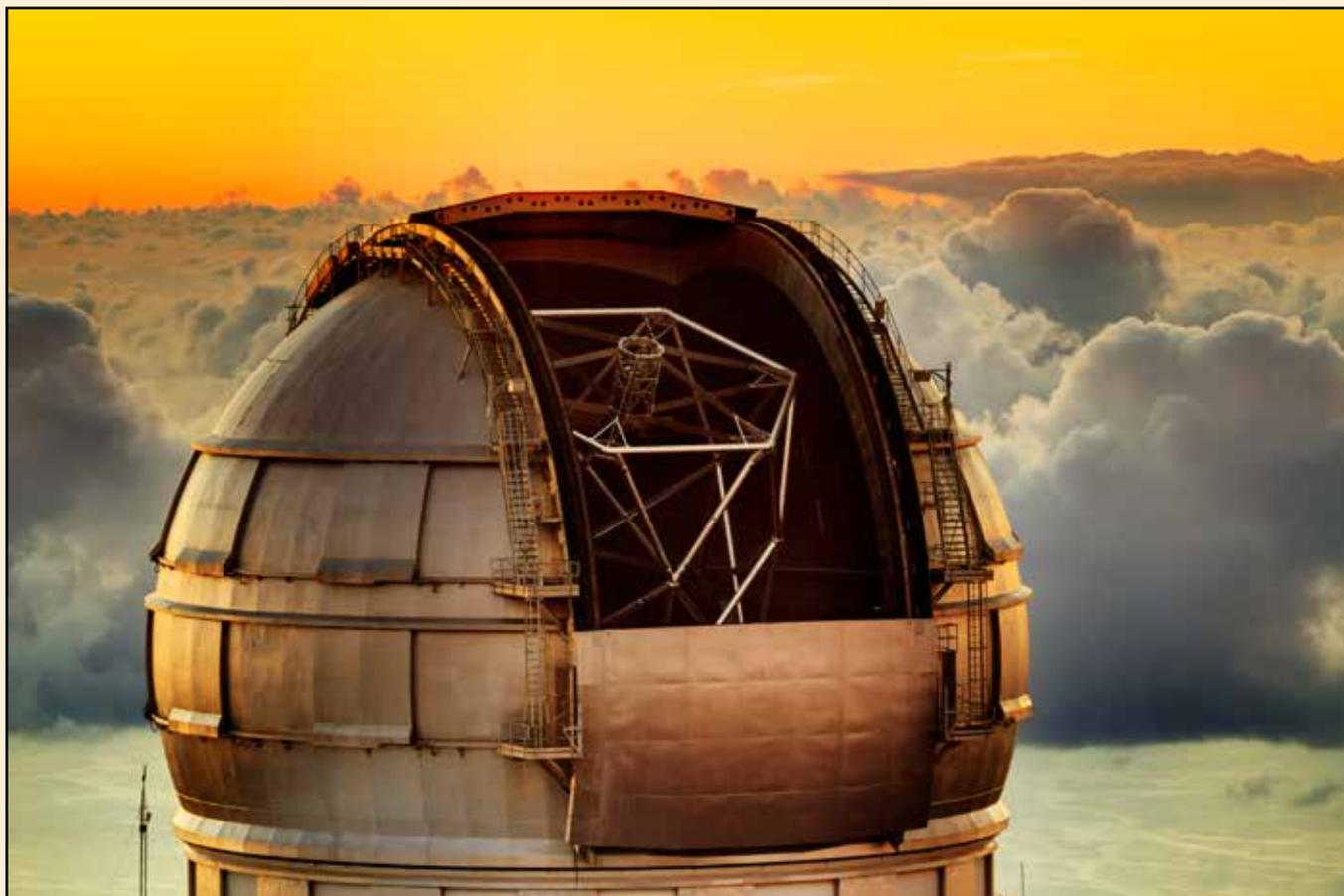
Jordi Ceba



Antonio Cabrera Lavers

Investigador principal de OSIRIS  
Investigador del IAC

Investigador afiliado al IAC  
Jefe de Operaciones Científicas del GTC



## 1. INTRODUCCIÓN

La palabra OSIRIS genera diversas asociaciones de ideas, muchas de ellas relacionadas con el dios del antiguo Egipto. Sin embargo, para un numeroso grupo de ingenieros y astrofísicos hay una que es inmediata, tan inmediata como improbable para el resto de *Homo sapiens sapiens*: piensan en el *Optical System for Imaging and low-Intermediate-Resolution Integrated Spectroscopy*, o Sistema Óptico para Imagen y Espectroscopía Integrada de Resolución Baja/Intermedia. En OSIRIS, vamos, un instrumento astronómico realizado por el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) e instalado en el Gran Telescopio CANARIAS (GTC).

Un instrumento astrofísico es una herramienta de precisión que analiza la radiación astronómica recogida por el telescopio, que actúa como un colector de fotones. Cuanto mayor es el telescopio, más fotones puede acoger, por lo que es capaz de mirar más lejos y de ver objetos más débiles (menos brillantes). El brillo de un objeto depende de su brillo intrínseco y, también, de la distancia a la que se encuentra. Como la velocidad de la luz es finita, de 300.000 km/s, siempre vemos el Cosmos en un pasado más o menos lejano,

según cuán largo haya sido el camino recorrido por ella. La radiación del Sol, que está a “sólo” ciento cincuenta millones de kilómetros de la Tierra, nos llega con ocho minutos de “retraso”. Si se apagara, lo ignoraríamos durante ese tiempo. De hecho, los objetos más alejados quizás ya no existen cuando su radiación alcanza nuestros telescopios: los conocemos tal como fueron, no tal como son.



El GTC es uno de los mayores telescopios ópticos-infrarrojos que existen, esto significa que observa en estos dos rangos del espectro electromagnético: el óptico y el infrarrojo. Su espejo primario, de 10,4 metros de diámetro, presenta la particularidad de estar compuesto por 36 segmentos hexagonales. Los instrumentos se instalan en los llamados focos del telescopio, en los que converge la luz y se forma la imagen. El GTC dispone de siete: dos Nasmyth (en uno de los cuales está acoplado OSIRIS), un Cassegrain y cuatro Cassegrain doblados.

En 2009, OSIRIS fue acoplado al GTC, situado en el Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM), en la isla de La Palma. Ese mismo

año el GTC empezó a producir ciencia, y OSIRIS tuvo mucho que ver con ello.

## 2. OSIRIS, EL DESAFÍO DE INNOVAR EN TECNOLOGÍA

OSIRIS es el primer, y hasta ahora único, instrumento instalado en un telescopio de la clase 8-10 metros cuyo diseño y fabricación han sido liderados por una institución española: el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). Como la mayoría de instrumentos de su clase, se trata de un prototipo. No hay, por consiguiente, recetas para hacerlo, salvo las buenas prácticas que dictan la gestión de proyectos y la experiencia.

OSIRIS fue diseñado y construido por el IAC en colaboración con el Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), tras ser seleccionado mediante un concurso internacional convocado por GRANTECAN, la empresa encargada del diseño, construcción y operación del Gran Telescopio Canarias (GTC) y sus instrumentos. GRANTECAN financió parcialmente el instrumento, estableció los estándares e interfaces necesarias, y efectuó su aceptación.

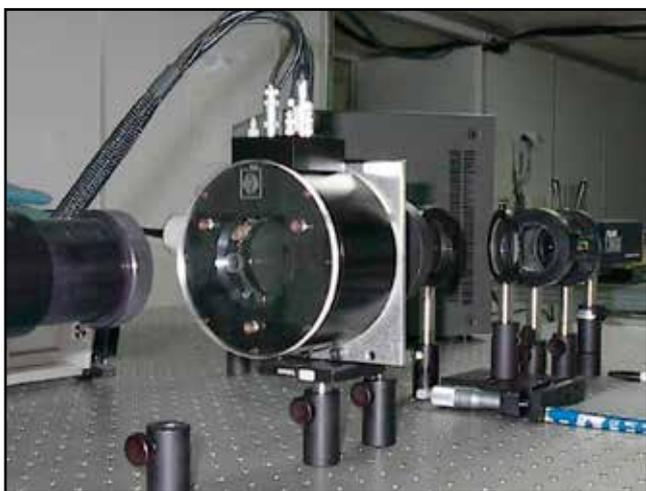
El equipo de técnicos y científicos responsable del instrumento ha tenido que afrontar una serie de retos técnicos que podríamos distribuir en las fases de diseño, pruebas y operación científica, y que abarcan la óptica, la mecánica, la electrónica, el software y el sistema de detectores.

En la fase de diseño, uno de los primeros retos fue conseguir un instrumento que cubriera un campo lo más grande posible en el cielo, a pesar de que la focal prevista para el telescopio GTC era bastante mayor que la de cualquier otro telescopio de similar tamaño. Para lograrlo se optó por un diseño colimador-cámara donde el colimador fuera un espejo, para evitar el uso de lentes excesivamente grandes. A pesar de todo, fue un reto conseguir una reducción focal superior a un factor 6, cuando lo habitual en instrumentos para telescopios de este tamaño es la mitad de este valor. Y todo ello con una calidad de imagen que no degradase la proporcionada por el telescopio en más de un 10%, en las mejores condiciones atmosféricas posibles.

Por añadidura, se pretendía que la sensibilidad del instrumento estuviera optimizada en el intervalo 400-1000 nanómetros, con un 85% de

eficiencia, pero con una sensibilidad aceptable, superior al 60%, a 365 nanómetros. Ello implicó una dificultad añadida en los recubrimientos del espejo colimador, a fin de que fueran suficientemente eficientes en tan amplio rango espectral, que abarca del próximo ultravioleta al cercano infrarrojo. Se consiguió utilizando plata protegida y mejorada, con una duración certificada superior a diez años, tras negociar ardua, larga, e incansablemente con la empresa responsable de su fabricación.

Finalmente, otra dificultad añadida para la obtención de un campo suficientemente grande, fue conseguir una pupila del sistema reducida. En la pupila se ubican los elementos dispersores (prismas escalonados) y la joya del instrumento: sus filtros sintonizables. Estos consisten en etalones de muy baja resolución que operan dentro de la mancha de Jaquinot para conseguir un campo casi monocromático, cuya longitud de onda y ancho de banda se pueden cambiar a voluntad, en todo el intervalo espectral del instrumento. Esto es, permite tomar imágenes de un color extremadamente definido con altísima precisión. Cabe señalar que el GTC es el único telescopio de este tamaño donde pueden operar este tipo de filtros.



*Unos de los dos etalones de OSIRIS durante las pruebas en el laboratorio de óptica del IAC. Créditos: OSIRIS.*

Cubrir un campo amplio, como el exigido, con un tamaño de pupila grande es relativamente sencillo, pero el coste de los elementos dispersores, que deben ser más grandes, se dispara, lo mismo que la dificultad técnica para conseguirlos. Además, no se manufacturan etalones con suficiente estabilidad con respecto a flexiones gravitatorias con diámetros mayores que 100 milímetros, lo cual impone una limitación al máximo tamaño admisible en pupila.



*Uno de los filtros convencionales de OSIRIS en su montura. Créditos: OSIRIS.*

Otro de los retos optomecánicos de OSIRIS fue conseguir suficiente espacio en la pupila, en la dirección de la luz, como para acomodar todos los elementos dispersores deseados, sin tener que interrumpir la operación nocturna para cambiarlos, perdiendo así tiempo de observación y degradando la calidad de imagen al introducir calor en el ambiente de la cúpula. Finalmente se consiguieron ubicar hasta 32 elementos, disponibles en cualquier momento, mediante 4 ruedas de filtros con los motores ubicados en los ejes a fin de poder compactar al máximo la envolvente mecánica.

Los estrictos requisitos de envolventes dimensionales impuestas por el telescopio hicieron necesario plegar el haz mediante un espejo plano adicional, con el mismo recubrimiento de alta eficiencia del espejo colimador, así como optimizar al máximo el diseño mecánico para ahorrar peso. Se consiguió, de este modo, un instrumento extraordinariamente compacto y ligero, comparado con otros instrumentos para telescopios de ese tamaño. De unos 2 metros de longitud por 2 metros de diámetro y unas 2 toneladas de peso.

Bajo el punto de vista mecánico, también se exigía una elevada velocidad en los mecanismos de cambio de elemento dispersor y de máscara de plano focal, que es donde se ubican las rendijas para hacer espectroscopía, entre otros elementos. Este requisito buscaba optimizar la operación del instrumento, reduciendo el tiempo muerto entre cambios de modo o de longitud de onda de observación. De hecho OSIRIS es el instrumento más rápido en cambios de configuración: un factor entre 3 y 10 comparado con otros instrumentos para telescopios similares. Esto permite

ahorrar hasta un 10% de tiempo de observación por noche. En este sentido es necesario destacar que el diseño y la fabricación del almacén y cargador de máscaras de plano focal, un mecanismo que ha demostrado ser rápido y muy preciso y fiable, se ha desarrollado íntegramente en el IAC.

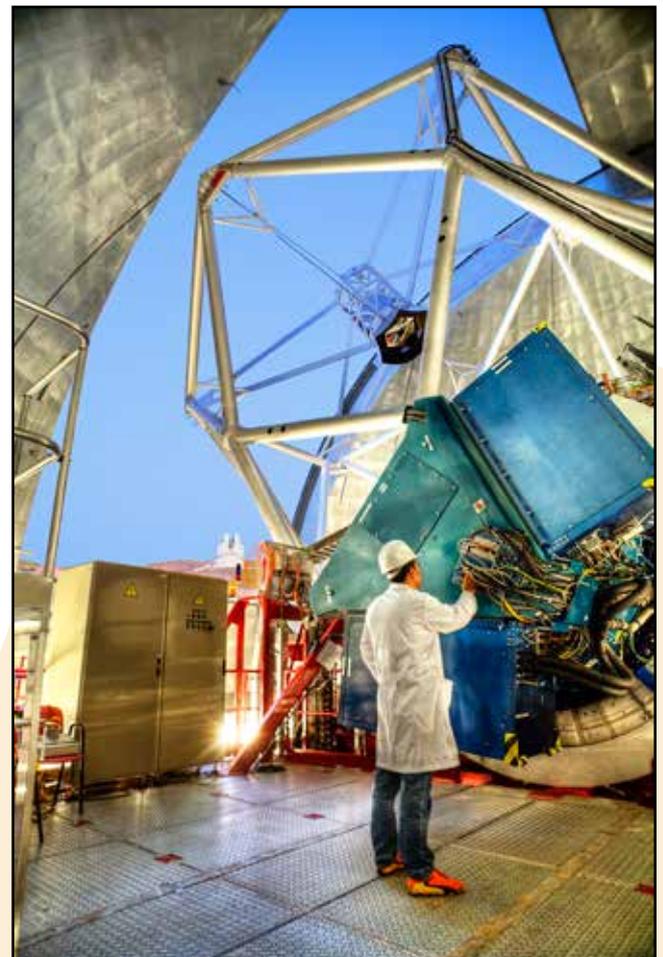
Las pruebas y calibración del instrumento se vieron dificultadas por el elevado número de las mismas, necesario debido a la gran cantidad de modos de observación impuesto por el equipo del instrumento. Dicha multiplicidad se consideró obligada, al considerar que un instrumento de Día Uno debía ser altamente multipropósito, a fin de dar cabida a la mayor variedad posible de proyectos científicos. Esta característica ha resultado ser además muy conveniente, dado que hasta ahora la mayor parte de la producción científica del telescopio GTC se ha llevado a cabo utilizando OSIRIS, a falta de otros instrumentos, o de instrumentos que pudieran operar una fracción significativa del tiempo. Sin embargo, la meteorología no acompañó. Por este motivo, junto con las dificultades técnicas del telescopio, que se hallaba también en fase de pruebas, y a pesar de la dedicación del equipo científico, no se pudieron probar satisfactoriamente todos los modos de observación antes de la puesta en operación científica de OSIRIS. Los restantes modos los comisionó el equipo de astrónomos de soporte de GTC, con la colaboración del equipo científico de OSIRIS, al principio de la fase de operación.

En esta fase se afrontó un reto adicional: las bajas temperaturas dentro de la cúpula del GTC. Las pruebas en factoría se habían desarrollado en el IAC, en una sala climatizada. Sin embargo, en el interior de la cúpula las temperaturas eran muy inferiores – por fortuna el instrumento se probó en invierno y se pudo detectar el problema rápidamente – y los mecanismos se encallaban. Esta dificultad se solucionó, no obstante, con relativa rapidez disminuyendo ligeramente la velocidad de los mecanismos para aumentar su par.

Pero sin duda, las dificultades más onerosas se encontraron en la fase de operación, debido a dos aspectos que pasaron inadvertidos en las pruebas en factoría. Uno de ellos se relaciona con los etalones del instrumento: la variación de longitud de onda en el campo casi monocromático no era la esperada. El efecto, que solamente afectaba a una fracción de proyectos científicos, fue reportado por el equipo de otro instrumen-

to que también utilizaba etalones, pero un año después de que OSIRIS empezará su operación científica. El trabajo del equipo científico del instrumento OSIRIS mostró que el efecto era debido a que el tamaño de la cavidad resonante, de unas micras, era del mismo orden de magnitud que el espesor de los recubrimientos internos de los etalones, más gruesos de lo normal por tener que cubrir un amplio intervalo espectral. La caracterización del efecto por parte del equipo científico de OSIRIS, proporcionó la calibración adicional necesaria para satisfacer los proyectos científicos más exigentes.

Pero la incidencia que realmente tuvo impacto en las observaciones fue un incremento en la corriente de oscuridad del detector, por operar a una temperatura superior a la nominal. El enlace térmico no era el adecuado y la ubicación del sensor de temperatura dentro del criostato no permitió detectar esa anomalía. Si bien el detector se probó como unidad, no había previstas pruebas en factoría de la corriente de oscuridad del sistema, y esa carencia tampoco fue detectada durante la aceptación del instrumento por parte de la empresa GRANTECAN. En la fase de pruebas



en telescopio tampoco pudo detectarse durante la noche, porque la ausencia del autoguiado del telescopio no permitía obtener exposiciones suficientemente largas, mientras que durante el día los trabajos que todavía se llevaban a cabo en el telescopio y la cúpula tampoco lo permitían. El problema fue finalmente detectado tres meses después de empezar la operación científica, y corregido poco después. Desde entonces – verano de 2009 – OSIRIS ha operado sin incidencias destacables.

Resumiendo, OSIRIS ha sido un reto de ingeniería, con capacidades únicas en telescopios de este tamaño, es el primer y hasta ahora único instrumento liderado por España instalado en un telescopio de clase 8-10 metros, se encuentra operando sin incidencias desde verano de 2009, y es el instrumento con el que se han obtenido la mayoría de los resultados científicos del GTC.

Para terminar, señalar que nos hemos ceñido a los retos e incidencias técnicas, pero todo ello sin menoscabo de los retos de financiación añadidos, que cualquier proyecto de estas características debe afrontar, y que como todos sabemos son especialmente difíciles en España, en cualquier coyuntura económica en la que se encuentre.

### 3. OSIRIS HACE CIENCIA

OSIRIS ha supuesto un formidable reto tecnológico, pero su existencia carecería de sentido si no sirviera para lo que fue concebido: hacer ciencia. Por ello, las publicaciones científicas conseguidas con datos procedentes de este instrumento avalan el éxito del mismo y complementan la visión puramente tecnológica.

Destinado al estudio de diferentes ámbitos del conocimiento astrofísico: explosiones de rayos gamma, supernovas lejanas, objetos compactos que emiten en rayos X..., el carácter multipropósito con el que se concibió OSIRIS queda de manifiesto por la gran variedad de campos científicos cubiertos desde el comienzo de su operación (2009). OSIRIS no fue diseñado específicamente para realizar una ciencia concreta, por lo que no hay un campo puntual que podamos resaltar entre todo el magnífico retorno científico producido hasta la fecha.

En ciencia, para avalar un avance se requiere la publicación de un artículo (paper) explicando el mismo en una de las revistas de referencia en el campo de investigación en cuestión. Este artículo pasa previamente una revisión por pares (peer review), en la que un grupo de investigado-



*Parte del equipo de ingeniería de OSIRIS tras su instalación en el Gran Telescopio CANARIAS (GTC). OSIRIS es la estructura azul que se encuentra detrás, acoplada al rotador del foco Nasmyth. Al fondo a la izquierda puede apreciarse el espejo secundario del telescopio. Créditos: OSIRIS.*

res evalúa la calidad de la investigación y valora los resultados obtenidos. Una vez el artículo es una realidad, el número de veces que es citado por otros investigadores en otros artículos da una idea de su importancia, en realidad el número de citas redunda beneficiosamente en el currículum del científico. En este breve repaso de los hitos obtenidos con OSIRIS, citaremos los papers correspondientes (entre paréntesis y con un cuerpo de letra más pequeño), por si algún lector desea profundizar en el tema.

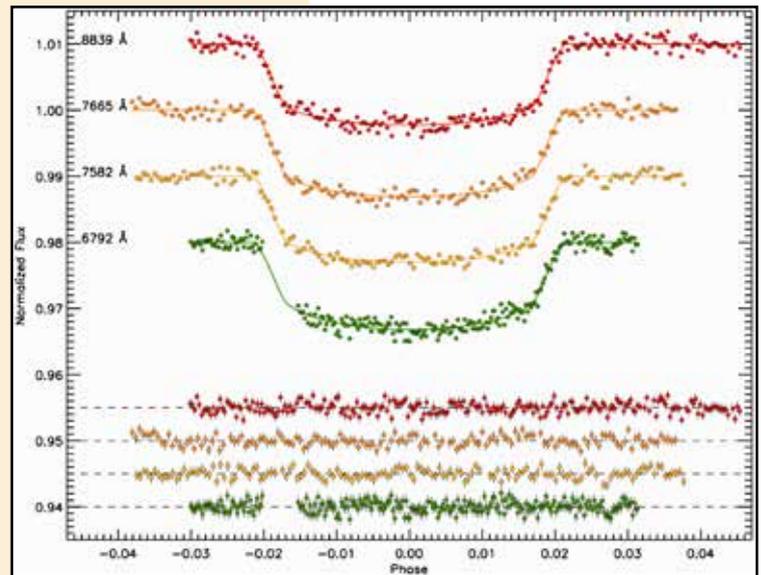
## Exoplanetas... y otros

Es notable la contribución de OSIRIS al estudio de exoplanetas, planetas situados fuera de nuestro Sistema Solar, por el método de tránsitos. El llamado método de tránsitos se basa en detectar la disminución de la radiación que llega de una estrella cuando un planeta transita entre ella y el instrumento que la está observando.

OSIRIS proporciona simultáneamente la capacidad de realizar espectroscopía de rendija larga y la observación a través de filtros sintonizables. Ambas estrategias han permitido realizar estudios sobre la física individual de exoplanetas y caracterizar sus atmósferas.

(Colon et al. 2010, MNRAS, 408, 1494; Murgas et al. 2012; A&A, 544, 41; Colon et al. 2012, MNRAS, 426, 342; Murgas et al. 2014, A&A, 563, 41; Wilson et al. 2015, MNRAS, 450, 192; Mallonn et al. 2015, A&A, 580, 60; Sanchís-Ojeda et al. 2015, MNRAS, 454, 2199).

Para lograrlo, es necesario alcanzar precisiones realmente altas en las medidas para ser capaces de discernir las sutiles diferencias en la profundidad de los tránsitos observados en cada longitud de onda concreta. Actualmente, se logra llegar a precisiones cercanas a las 100-200 partes por millón, valores únicamente comparables con resultados obtenidos desde el espacio, lo que convierte a OSIRIS en un instrumento realmente competitivo en este campo de estudio. Estas precisiones tan extremas requieren un conocimiento exhaustivo de las características intrínsecas del instrumento (sistemáticos). Tras seis años de trabajo liderado por el equipo puntero del estudio de exoplanetas del IAC, podemos sin duda afirmar que OSIRIS es el instrumento mejor caracterizado para este tipo de investigaciones que está actualmente disponible para la comunidad científica.



Curvas de luz de alta precisión del exoplaneta XO-2b obtenidas por Sing et al. (2011, A&A 527, 73) usando los filtros sintonizables de OSIRIS.

El modo de operación de OSIRIS en GTC se lleva a cabo mayoritariamente en modo cola, es decir, el equipo de astrónomos del telescopio hace las observaciones cuando se dan las condiciones requeridas por el equipo investigador y conforme se van completando las envía a los científicos. Gracias a este funcionamiento, OSIRIS ha sido un instrumento de grandísimo rendimiento en el estudio de eventos transitorios, como supernovas.

(Nicholl, et al. 2013, NATURE, 502, 346; Corsi et al. 2014, ApJ, 782, 42; Polshaw et al. 2015, A&A, 580, L15; Pastorello et al. 2015, MNRAS, 453, 3649; Morales-Garoffolo et al. 2015, MNRAS, 454, 95)

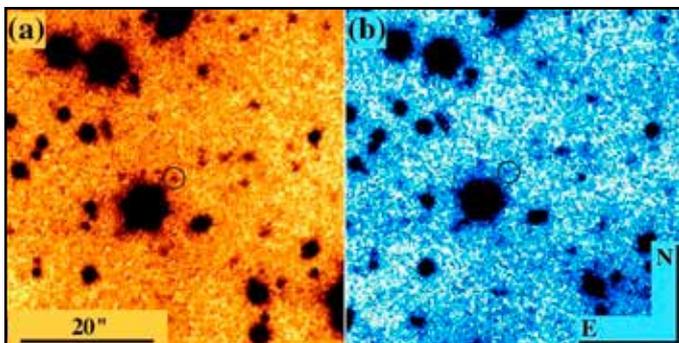
O explosiones de rayos gamma (GRBs en sus siglas en inglés, por Gamma Ray Bursts):

(Levan et al. 2011, SCIENCE, 333, 199; Tanvir et al. 2013, NATURE, 500, 547; Xu et al. 2013, ApJ, 776, 98; de Ugarte Postigo et al. 2014, A&A, 563, 62; Cano et al. 2015, MNRAS, 452, 1535).

Las explosiones de rayos gamma (Gamma Ray Bursts, GRB) son los eventos más energéticos del Universo y su duración puede variar desde unos pocos segundos a varios días. Aunque el rango del espectro en el que predominan (rayos gamma) queda fuera de la cobertura proporcionada por OSIRIS/GTC, el estudio en el rango óptico que permite OSIRIS, unido a la rápida capacidad de respuesta que proporciona el GTC (permitiendo observarlos de forma inmediata tras recibir la correspondiente alerta sin que la operación nocturna prevista quede afectada), es fundamental

para caracterizar las propiedades de los objetos que albergan este tipo de eventos. Por lo general, una vez que remite la actividad concreta del transitorio, dichos objetos son cuerpos relativamente débiles. Esto determina que sean inaccesibles, imposibles de detectar, utilizando telescopios menos potentes que los de 8-10 metros, como es el GTC.

En la actualidad, cerca del 30% de los trabajos publicados con OSIRIS corresponden a investigaciones sobre GRBs o supernovas, lo que evidencia la relevancia que en el conocimiento de este tipo de objetos tiene el uso del instrumento. Por ejemplo, Thöne y colaboradores (2011, NATURE 480, 72) utilizaron varios telescopios, tanto en tierra como espaciales (entre ellos, el GTC), para estudiar uno de estos fenómenos: la fuente GRB 101225A, peculiar por la larga duración de su emisión en rayos gamma, seguida de un efímero y brillante brote de rayos X. Los investigadores se decantan por un modelo que hablaría de la fusión entre una estrella de helio y una estrella de neutrones, las cuales estarían atravesando una fase de envoltura común para terminar en una explosión de rayos gamma, un evento de gran violencia.



*Imágenes de la galaxia anfitriona (círculo) de la explosión de rayos gamma 101225A en las bandas  $r'$  (izquierda) y  $g'$  (derecha) obtenidas con OSIRIS en el GTC (Thöne et al., 2011, Nature 480, 72).*

Entre los objetivos principales de OSIRIS/GTC se encuentra profundizar en el estudio del origen del Universo (cosmología) caracterizando la población de galaxias más tempranas, el también llamado Universo de alto redshift (corrimiento al rojo).

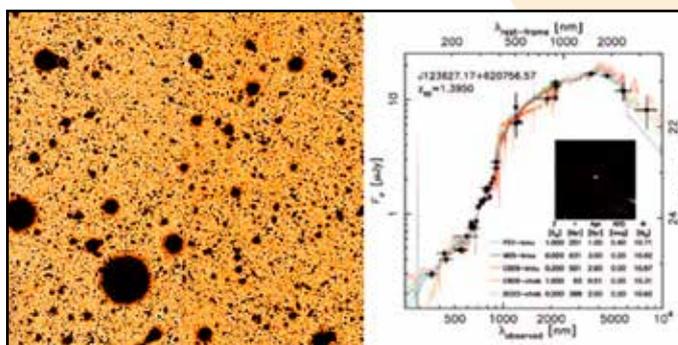
(Wardlow et al. 2013, ApJ, 762, 59; Riechers et al. 2013, NATURE, 496, 329; Laporte et al. 2015, ApJ, 810, 130; Planck Collaboration et al. 2015, A&A, 581, 14).

Se trata, por lo general, de objetos intrínsecamente débiles, por lo que requieren obligatoriamente las grandes capacidades de detección que

un instrumento como OSIRIS permite. Durante estos años, dentro de los programas ESO-GTC se ha llevado a cabo un programa de sondeo ultra-profundo de galaxias masivas con alto desplazamiento al rojo:

(SHARDS; Pérez-González et al., 2013, ApJ 762, 46; Hernán-Caballero et al. 2014; MNRAS, 443, 3538; Rodríguez-Espinosa et al. 2014, MNRAS, 444, L68, Cava et al. 2015, ApJ, 812, 155)

Utilizando un conjunto de filtros especialmente diseñados para trazar los espectros de las galaxias a baja resolución, este sondeo ha obtenido los datos espectro-fotométricos más profundos jamás tomados para galaxias con desplazamientos al rojo en el rango  $0.6 < z < 3$ .



*Imagen final de uno de los apuntados obtenidos durante el sondeo profundo SHARDS, llevado a cabo con OSIRIS en el GTC, con cerca de 30,000 galaxias detectadas (izquierda) y ejemplo de la distribución espectral de energía (puntos negros) medida para una de esas galaxias lejanas (derecha) (Pérez-González et al., 2013, ApJ 762, 46).*

En este sentido, una de las mayores peculiaridades que proporciona OSIRIS es el uso de sus filtros sintonizables, los cuales hacen posible observar definiendo una longitud de onda concreta y con un ancho configurable. Esto ha permitido la realización de cartografiados en banda estrecha con una profundidad inigualable desde tierra.

(Kuiper et al. 2011, MNRAS, 417, 1088; Pintos-Castro et al. 2013, A&A, 558, 100; Sánchez-Portal et al. 2015, A&A, 578, 30; Chies-Santos et al. 2015, MNRAS, 450, 4458).

No sólo los objetos más lejanos entran dentro del rango de actuación de OSIRIS, también se han obtenido resultados relevantes en los objetos más próximos, como son los asteroides.

(Moreno et al. 2010, ApJL, 718,132; Licandro et al. 2013, A&A, 550, 17; de León et al. 2013, A&A, 55, L2; Moreno et al. 2013, ApJL, 770, 30; Vaduvescu et al. 2015, MNRAS, 449, 1422; Pozuelos et al. 2015, ApJ, 806, 102).

En particular, OSIRIS ha permitido el estudio

de un tipo concreto de estos objetos, los denominados “cometas del cinturón principal” (MBC en su acrónimo en inglés, Main Belt Comet). Esta familia de objetos está constituida por asteroides que muestran una actividad cometaria temporal relacionada bien con eventos en los que hay colisiones o con la propia disrupción del asteroide por causas internas: como consecuencia se producen estas espectaculares estructuras de vida tan efímera. Son cuerpos relativamente raros de los cuales apenas se conoce una docena. Seis de ellos han sido estudiados con OSIRIS, lo que demuestra la importancia de la contribución del instrumento en este campo de investigación.

#### **Cuásares:**

(Villar-Martín et al. 2020, MNRAS, 407, 6; Matute et al. 2013, A&A, 557, 78; Sulentic et al. 2014, A&A, 570, 96)

#### **Púlsares:**

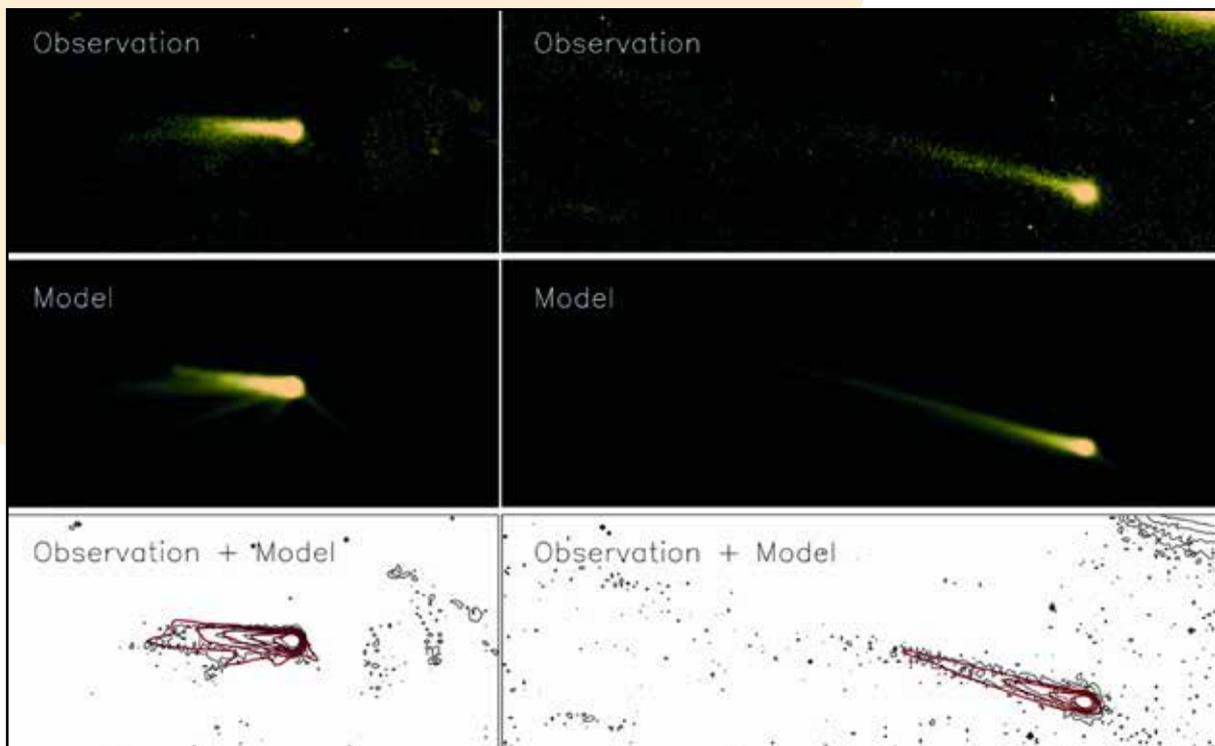
(Mignani et al. 2013, MNRAS, 430, 1354; Zharikov et al. 2013, MNRAS, 435, 2227; Kirchenko et al. 2015, ApJ, 802, 17)

#### **Estrellas masivas:**

(García et al. 2013, A&A, 551, 74)

#### **Agujeros negros / binarias de rayos X, y un largo etcétera.....**

(Casares et al. 2015, ApJ, 808, 80; González- Hernández et al. 2014, MNRAS, 438, L21)



*Imágenes de P/2013 P5 obtenidas con OSIRIS (panel superior), con una separación de un mes entre ellas, y comparación con modelos (panel intermedio) (Moreno et al. 2014, ApJ 781, 118).*

Todos los ejemplos enumerados aquí son sólo una pequeña muestra de los distintos campos de conocimiento astrofísico a los que ha contribuido OSIRIS durante sus seis años de funcionamiento. Por supuesto, hay mucho más:

#### **Nebulosas planetarias:**

(Sabin et al. 2014, MNRAS, 443, 3388; Corradi et al. 2014, MNRAS, 44, 2799; Santander-García et al. 2015, NATURE, 519, 63),

#### **Objetos tardíos de baja masa:**

(Lodieu et al. 2010, ApJ, 708, 107; Boudreault et al. 2013, MNRAS, 434, 142; Zapatero-Osorio et al. 2014, A&A, 568, 6; Lodieu et al. 2015, A&A, 579, 58),

OSIRIS es el instrumento del GTC más demandado por la comunidad astrofísica. Su tiempo y su uso son preciados. También es el que ha producido la mayor parte de los resultados científicos del telescopio. Hoy en día ya se han publicado cerca de doscientos trabajos con datos obtenidos con OSIRIS, algunos de ellos en revistas de alto impacto como NATURE o SCIENCE. Esto pone de manifiesto el gran éxito que este instrumento, liderado por el IAC, ha supuesto para la explotación científica del GTC.

## Glosario

**Agujero negro:** Objeto astronómico de una concentración de materia tan elevada como para generar una atracción gravitatoria extremadamente intensa, de tal forma que ni tan siquiera la luz es capaz de escapar de su atracción. Existen fundamentalmente dos tipos de agujeros negros: los supermasivos (con masas equivalentes a cientos o más veces la masa del Sol) o los estelares (fase final de estrellas 8 o más veces más masivas que el Sol). Si bien estos objetos no pueden ser observados directamente, podemos detectar su efecto sobre estrellas cercanas o discos de acreción a su alrededor. Inglés: black hole.

**Asteroides:** Objetos rocosos formados por elementos relativamente pesados (carbono, silicio, hierro...) en órbita alrededor del Sol. Su tamaño oscila entre los pocos metros y algunos centenares. Su existencia es muy abundante en el cinturón de asteroides situado entre Marte y Júpiter, si bien la suma de masas de todos ellos no supera el 5% de la masa de la Luna. Existe un limitado número de asteroides que cruzan la órbita terrestre, representando cierto riesgo de colisión con la Tierra, denominados NEAs (Near Earth Asteroids). Inglés: asteroid.

**Atmósfera planetaria:** Capa gaseosa que rodea los planetas. Existen dos tipos: primigenia (la de los planetas gaseosos, cuya origen es el mismo que el del sistema planetario en el que se encuentran) o secundarias (la de planetas sólidos o líquidos, cuya composición química y propiedades pueden variar con el tiempo, entre otras cosas debido a la existencia de vida). Por la tendencia natural del gas a la expansión, sólo los cuerpos con suficiente fuerza gravitatoria pueden mantenerla. Cuerpos pequeños como la Luna o Mercurio, con velocidades de escape muy bajas, carecen de ella. Inglés: atmosphere.

**Binaria de rayos X:** Sistema formado por dos cuerpos de masa estelar, de los que al menos uno es una estrella de neutrones o un agujero negro que acreta materia de la estrella que lo acompaña. Los sistemas binarios cuyo objeto compacto es una enana blanca se llaman variables cataclísmicas. Inglés: X-ray binary.

**Calibración:** Proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia (o estándar) determinando el valor de los errores para proceder a su ajuste o a expresar aquellos mediante una tabla o curva de corrección. Inglés: calibration.

**Colimador:** Dispositivo utilizado para obtener un haz paralelo de rayos luminosos o de partículas. Inglés: collimator.

**Cometa:** Cuerpo menor del sistema solar constituido por un conglomerado de partículas sólidas y hielo. Habita como núcleo cometario

en una gigantesca envoltura compuesta por la Nube de Oort y el Cinturón de Kuiper. En ocasiones es arrancado de donde está por choques entre objetos o por el «tirón gravitatorio» de una estrella cercana y se precipita hacia el Sol generalmente en órbitas elípticas de gran excentricidad. Entonces el hielo se sublima y partículas e iones se desprenden de él formando una larga cola empujada por el viento solar. Inglés: comets.

**Corrimiento al rojo o redshift:** Aumento en la longitud de onda de la radiación electromagnética recibida por un detector comparado con la longitud de onda emitida por la fuente. Tomando como referencia el rango visible del espectro electromagnético, esto significa que las distintas longitudes de onda se desplazan hacia el rojo. El corrimiento hacia el rojo puede ocurrir por efecto Doppler cuando una fuente de luz se aleja del observador. En el caso de las galaxias distantes, el corrimiento hacia el rojo que se observa se debe a la expansión métrica del Universo que afecta a los fotones procedentes de las galaxias mientras viajan hacia el observador. Inglés: redshift.

**Cosmología:** Estudio del Universo en general, de su origen, estructura, evolución y destino. Inglés: cosmology.

**Criostato:** Recipiente aislado térmicamente, que permite mantener temperaturas muy bajas. Consiste en dos o más recipientes (asemeja a un termo de café), uno dentro del otro, aislados por el vacío, que es el mejor aislante térmico. Como refrigerante es muy utilizado el nitrógeno líquido, que es capaz de mantener el sistema a unos -196 °C. Inglés: cryostat.

**Cuásar:** Objeto extragaláctico muy brillante de alto corrimiento al rojo (muy lejano) y de apariencia casi estelar. Emite luz y energía en radio. Se cree que está constituido por un agujero negro supermasivo, un disco de acreción y una galaxia. Inglés: quasar.

**Cúpula:** Elemento del edificio que cubre y protege al telescopio. En el caso del GTC, se trata de una estructura rotante fabricada en acero que, junto con la parte alta de la base del edificio, encierra la cámara del telescopio. Tiene forma de casquete esférico, con un diámetro de 34 metros y una altura máxima de casi 26 metros. Se compone de un entramado de meridianos y paralelos en celosía que soporta una chapa esférica de cerramiento exterior así como la estructura soporte del aislamiento térmico interior. El conjunto, que tiene un peso de unas 500 toneladas, se apoya sobre un raíl en su base, de forma que es posible rotar toda la estructura alrededor de su eje de simetría vertical. Inglés: dome.

**Espectro electromagnético:** Conjunto de todas las longitudes de onda (tipos de luz) de la

radiación electromagnética. Si la frecuencia es muy pequeña, percibimos radioondas. A medida que aumenta la frecuencia y disminuye la longitud de onda, se perciben sucesivamente microondas, radiación infrarroja, luz visible (con los diferentes colores, del rojo al azul), radiación ultravioleta, rayos X y rayos gamma. Todos los tipos de radiación electromagnética se desplaza a la misma velocidad en el mismo medio. La velocidad máxima se alcanza en el vacío, aproximadamente 300.000 km/s. Inglés: electromagnetic spectrum.

**Espectroscopía:** Técnica mediante la que cual se descompone la luz según las diversas frecuencias que la componen (en el óptico, sus diversos colores) permitiendo conocer multitud de parámetros físicos de la fuente que la produce (composición química, velocidad, campo magnético...) Inglés: spectroscopy.

**Espejo:** Superficie en la que la luz sufre reflexión. Si la superficie es suficientemente lisa, la reflexión forma una imagen nítida. Inglés: mirrors.

**Espejo primario:** En un telescopio óptico-infrarrojo, el espejo primario es el que recoge la luz que llega de los objetos celestes. El tamaño del espejo primario es muy importante. La nitidez o calidad de imagen (resolución angular) aumenta con el diámetro del espejo primario, mientras que el poder colector de fotones aumenta con la superficie (el cuadrado del diámetro). El espejo primario del GTC está formado por 36 espejos vitrocerámicos hexagonales de 1,90 metros entre vértices, 8 centímetros de grosor, y 470 kilogramos de peso cada uno. Funciona como una sola superficie cuasi hexagonal de 11,3 metros de extremo a extremo (equivalente a la superficie de un espejo circular de 10,4 metros de diámetro), con una separación máxima entre segmentos adyacentes de 3 milímetros. Inglés: primary mirror.

**Espejo secundario:** En un telescopio óptico-infrarrojo, espejo que refleja la luz procedente del espejo primario y la dirige hacia los focos o el espejo terciario. Inglés: secondary mirror.

**Espejo terciario:** En un telescopio óptico-infrarrojo, el espejo terciario tiene la misión de enviar el haz de luz que le llega del espejo secundario a los focos Cassegrain doblados y Nasmyth. El espejo terciario del GTC cuenta con basculación automática, se desliza por unas guías y se "aparca" según sea necesario su uso. Inglés: tertiary mirror.

**Estallidos de rayos gamma:** También denominados GRB (del inglés, gamma ray bursts) son las explosiones más energéticas observadas en el Universo. Estas explosiones suelen ir seguidas de una emisión en el resto del rango electromagnético. Los brotes pueden durar de nanosegundos a varias horas (en general,

unos pocos segundos). Hay distintos tipos de GRB, principalmente diferenciados por su tiempo de duración. Su origen es variado y está relacionado con diferentes objetos astronómicos (supernovas, hipernovas, magnetares, fusión de estrellas binarias de neutrones, etc..) Inglés: Gamma Ray Bursts (GRB)

**Estrella:** Es una esfera de plasma, que mantiene su forma gracias a un equilibrio de fuerzas denominado equilibrio hidrostático. El equilibrio se produce esencialmente entre la fuerza de gravedad, que empuja la materia hacia el centro de la estrella, y la presión que hace el plasma hacia fuera, y que tiende a expandirlo. La presión hacia fuera depende de la temperatura, que se mantiene con el suministro de energía producida en el interior de la estrella. Inglés: star.

**Estrella de neutrones:** Última etapa de la vida de una estrella supergigante cuando, al agotarse su combustible nuclear, ésta sufre una explosión de supernova. Después de la explosión el núcleo de la estrella colapsa hasta una densidad tan grande que los protones y electrones se combinan formando neutrones y el colapso continúa hasta que los neutrones son capaces de frenarlo debido al principio de exclusión de Pauli. Cuanto mayor es la masa de una estrella de neutrones menor es su diámetro pero si sobrepasa las dos masas solares seguiría colapsando hasta convertirse en un agujero negro. En consecuencia las estrellas de neutrones son objetos muy compactos y muy masivos, del orden de un par de masas solares comprimidas en una esfera de unos 10 km de radio. Además a causa del principio de conservación del momento angular la contracción de la estrella hace que ésta gire más rápido y también hace que su campo magnético se vuelva más intenso. Las estrellas de neutrones emiten potentes ondas de radio que son comprimidas por el campo magnético dentro de un haz que gira con la estrella con períodos del orden del milisegundo hasta algunos segundos, en este caso son conocidas como pulsares. Las estrellas de neutrones se pueden encontrar en restos de supernovas, como objetos aislados o en sistemas binarios. Inglés: neutron star or pulsar.

**Etalón (o Fabry Pérot):** interferómetro constituido por una placa con dos superficies reflectantes, que produce picos de transmisión que corresponden a la resonancia del etalón. Esto permite sintetizar un filtro dicróico a una longitud de onda concreta variando la distancia entre las placas. Inglés: etalón.

**Exoplaneta:** Planeta situados fuera del nuestro Sistema Solar. Inglés: extrasolar planets.

**Filtro:** Elemento óptico que permite seleccionar las longitudes de onda (paso alto, paso bajo, paso banda, interferenciales) o disminuir la intensidad (neutros) de la luz que llega al de-

lector del instrumento. Inglés: filter.

**Foco del telescopio:** Punto en el que converge la luz proveniente del infinito y recolectada por el espejo primario, formando la imagen. Es la localización concreta en la que se instalan los instrumentos que analizan esa luz. Inglés: telescope foci.

**Fotón:** Unidad mínima de energía electromagnética asociada a una frecuencia o longitud de onda específica. Un fotón es tanto una partícula como una onda. Inglés: photon.

**Galaxia:** Sistema compuesto por entre millones y billones de estrellas, además de nubes de gas y polvo, que se mantienen unidas por su gravedad mutua. Generalmente las galaxias están agrupadas en cúmulos o supercúmulos y se clasifican, según su forma, en elípticas, espirales e irregulares. Inglés: galaxies.

**Infrarrojo:** Banda de radiación electromagnética con una frecuencia más baja que la microondas y más alta que la óptica. Su longitud de onda es de 10-3 a 10-6 metros. Inglés: infrared.

**Lente:** Dispositivo óptico que desvía los rayos de luz por refracción. El efecto es la divergencia o convergencia hacia un punto en función de la curvatura de la lente. Inglés: lenses

**Longitud de onda:** Distancia entre dos crestas sucesivas de una onda. En la radiación electromagnética, las longitudes de onda de la radiación gamma son las más pequeñas y las de la radiación de radio las más grandes. Inglés: wavelength.

**Mancha de Jaquinot:** región monocromática de un etalon/Fabry Perot, definida como la región donde el cambio en longitud de onda no sobrepasa  $\sqrt{2}$  veces el ancho de banda del etalón. Inglés: Jacquinet spot.

**Máscara:** selector de luz para eliminar del plano focal la luz que el astrónomo no desea estudiar. Inglés: mask.

**Objeto compacto:** Cuerpo en el que la presión de la gravedad hace que la densidad en su interior sea muy elevada. Entran en esta categoría las enanas blancas, las estrellas de neutrones y los agujeros negros. Son el resultado de la muerte de las estrellas. Según la masa de la estrella original, el cuerpo resultante será de un tipo u otro. Inglés: compact objects

**Observación por colas:** Sistema de control que decidirá, según las condiciones atmosféricas, qué tipo de observación conviene realizar en cada momento y con qué instrumentación. Este modelo de funcionamiento está diseñado para garantizar el máximo rendimiento durante el período de utilización. Inglés: queue observation.

**Plano focal:** Superficie – generalmente – perpendicular al eje de un sistema óptico, sobre el que el objetivo forma una imagen nítida. Inglés: focal plane.

**Pulsar:** Ver Estrella de neutrones. Inglés: pulsar.

**Radiación electromagnética:** Perturbación eléctrica y magnética que viaja por el espacio a la velocidad de la luz. Su energía es transportada por fotones. La radiación visible es la parte del espectro electromagnético a la que es sensible el ojo humano, con una longitud de onda de  $4 \cdot 10^{-7}$  a  $7 \cdot 10^{-7}$  metros. Inglés: Electromagnetic radiation.

**Radiación ultravioleta:** Tipo de radiación que se encuentra entre los rayos X y la luz visible. Su longitud de onda va de 10-7 a 10-9 metros. Es emitida por estrellas muy calientes. Es absorbida por la atmósfera. Inglés: ultraviolet.

**Rayos gamma:** Radiación electromagnética de muy alta frecuencia y muy corta longitud de onda, de 10-11 a 10-14 metros. Constituyen la forma más energética y penetrante de radiación electromagnética. Su origen reside mayormente en fuentes discretas como estrellas de neutrones envueltas en campos magnéticos, algunos cuásares o galaxias activas. Inglés: gamma rays.

**Rayos X:** Radiación con longitud de onda más corta que los ultravioleta y más larga que los rayos gamma, de 10-9 a 10-11 metros. Se producen mayoritariamente en los discos de acreción situados alrededor de objetos muy compactos. Inglés: X-rays.

**Resolución:** Posibilidad de un sistema óptico de producir imágenes bien diferenciadas de dos puntos próximos en una imagen. Discernimiento, distinción o separación de sucesos u objetos que se presentan próximos en el espacio o en el tiempo. Inglés: resolution.

**Supernova:** Fase final en la vida de una estrella muy masiva en la que ha agotado todo el combustible de sus capas internas, por lo que se vuelve inestable y se contrae bruscamente. Entonces, sufre una gigantesca explosión con gran liberación de energía, pudiendo incrementar su luminosidad varios miles de veces. En un par de segundos emite tanta energía como en el resto de su vida. Gran parte de su masa es lanzada al medio interestelar y el núcleo restante se transforma en una estrella de neutrones o en un agujero negro. Inglés: supernova.

**Telescopio:** Sistema óptico que permite recoger gran cantidad de luz, mucha más de la que puede reunir la pupila del ojo humano, y acercar visualmente los objetos. Cuanto mayor sea el telescopio más cantidad de radiación abarca y más débiles son los objetos que puede detectar. Un telescopio puede ser reflector o refractor. Inglés: telescope.

# Cuantificación de la Seguridad de Funcionamiento (“Dependability”) de un Elemento en un Período de Explotación ya Acontecido



Antonio José Fernández Pérez

Presidente del Comité de Confiabilidad de la Asociación Española para la Calidad (AEC)

## RESUMEN

**E**l concepto de Seguridad de Funcionamiento de un elemento (“Dependability”) se visualiza normativamente desde una perspectiva cualitativa y se considera aplicable sólo a la fase de diseño de los productos. En este artículo se propone un método para su cuantificación en un período de explotación ya acontecido.

### 1.- INTRODUCCIÓN

La asignación óptima de los recursos disponibles es una de las preocupaciones constantes que debe tener el buen gestor de cualquier empresa, máxime cuando el entorno socioeconómico en el que ésta desarrolla sus actividades se caracteriza, entre otros aspectos, por un alto grado de competitividad, una mayor exigencia de calidad de los productos y servicios, una gran preocupación por la seguridad y un creciente respeto por el medioambiente.

Las empresas que quieren sobrevivir en el entorno económico descrito inician un arduo camino hacia la búsqueda de la “excelencia” de sus sistemas de producción. Para ello, adoptan todas aquellas medidas que estiman oportunas para conseguir un proceso productivo más eficiente, intentando rentabilizar al máximo los

capitales invertidos en sus instalaciones bajo el interés permanente de satisfacer su demanda y obtener el mínimo coste por unidad de producto.

En este contexto, la aparición de fallos y averías en los equipos constituye una de las principales causas de ineficiencia en la explotación de las instalaciones industriales. Estos fallos pueden impactar negativamente en el negocio al traer consigo un incremento de los costes operativos y una pérdida de ingresos o, incluso en algunos casos, provocar un accidente del que se deriven daños importantes a las personas o al entorno (Ver Figura N° 1).

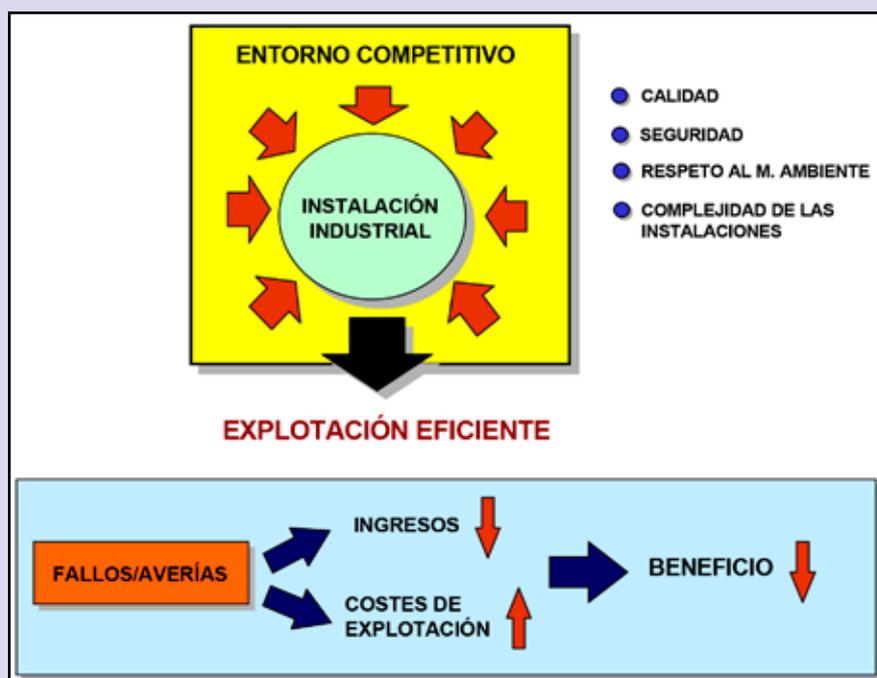


Figura N° 1: Consecuencias de los fallos.

## 2.- FIABILIDAD, DISPONIBILIDAD, MANTENIBILIDAD Y SEGURIDAD (RAMS). EFICACIA Y EFICIENCIA DE LA EXPLOTACIÓN DE UN ELEMENTO

A lo largo de su vida operativa, todos los elementos (equipos, objetos, productos, “items” o “cosas”) presentan una tendencia al fallo que se caracteriza por su “tasa de fallos”  $[\lambda(t)]$ . Se trata de un parámetro variable en el tiempo que, en un determinado instante  $t$ , mide la probabilidad condicional de que, habiendo sobrevivido a dicho instante, el elemento en cuestión falle en el período  $(t, t+\Delta t)$ . La conocida “curva de la bañera” representa la evolución temporal teórica de la tasa de fallos de un elemento genérico (Ver Figura N° 2).

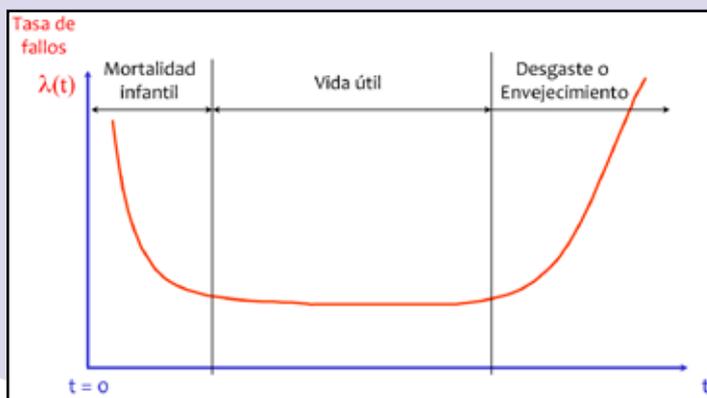


Figura N° 2: Curva de la bañera.

La mayor o menor resistencia intrínseca al fallo de un elemento cualquiera viene medida por su Fiabilidad  $[R(t)]$  (en inglés, “Reliability”) que, en un instante  $t$ , representa la probabilidad de que dicho dispositivo sobreviva al período operativo  $(0, t]$ . En otras palabras, que dicho elemento siga conservando unas condiciones operativas adecuadas al final del período considerado, supuesto que estaba en perfectas condiciones en el instante inicial y se ha encontrado en un entorno operativo acorde con sus condiciones de diseño. Es una función temporal decreciente y relacionada con la tasa de fallos de cada elemento (Ver Figura N° 3).

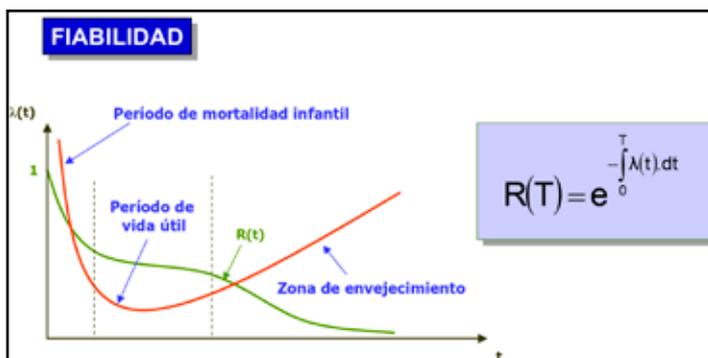


Figura N° 3:

Variación temporal de la tasa de fallos y Fiabilidad de un elemento.

Los fallos siempre tienen una probabilidad de aparición, aunque ésta sea muy pequeña, y su impacto negativo puede ser mayor o menor, dependiendo de diferentes factores intrínsecos y extrínsecos. Considerando este hecho, dos nuevos conceptos muy relacionados con la Fiabilidad cobran gran importancia en la explotación de cualquier elemento. Estos conceptos son la Disponibilidad (en inglés, “Availability”) y la Seguridad (en inglés, “Safety”).

La Disponibilidad de un elemento mide la capacidad del mismo para atender su demanda de funcionamiento en un instante dado. Es una función temporal que, en un instante  $t$ , mide la probabilidad de que dicho elemento sea capaz de funcionar en ese momento, supuesto que se encontraba en perfectas condiciones en el instante inicial. Para que un equipo funcione, deben cumplirse dos condiciones: que el equipo esté en condiciones para funcionar y que exista demanda de funcionamiento.

Bajo el concepto de Disponibilidad de un elemento, no se exige que el elemento en cuestión presente unas condiciones operativas adecuadas continuamente. Las condiciones operativas adecuadas de un elemento se pueden perder por la ocurrencia de un fallo que produzca la avería del elemento (es decir, que produzca su indisponibilidad “operativa” forzosa) o por una acción voluntaria de mantenimiento preventivo que provoque su indisponibilidad “operativa” programada. Las condiciones operativas adecuadas del elemento en cuestión se recuperarán con la reparación de su avería o con la finalización de la tarea de mantenimiento preventivo. En ambos estados de indisponibilidad comentados, el elemento en cuestión no podría atender una potencial demanda de funcionamiento y, en consecuencia, su Disponibilidad se vería afectada.

Atendiendo a lo anterior, la Disponibilidad operativa de un elemento mide su capacidad para encontrarse en condiciones operativas adecuadas (independientemente de la existencia o no de demanda de funcionamiento). Tiene que ver con la Fiabilidad del elemento y con su Mantenibilidad. Los períodos en avería de los elementos influirán en su Indisponibilidad operativa forzosa y los períodos de indisponibilidad de los elementos por mantenimiento preventivo contribuirán a su Indisponibilidad operativa programada. La suma de estas dos indisponibilidades constituirá la In-

disponibilidad operativa total del elemento considerado que será el complemento a la unidad de su correspondiente Disponibilidad operativa total.

La demanda de funcionamiento de un elemento influye en gran medida en su Disponibilidad funcional. La Disponibilidad funcional de un elemento expresa la capacidad del mismo para atender su demanda de funcionamiento en un determinado instante; es decir, para funcionar ante un requerimiento para ello. La Disponibilidad operativa, como tal, no influye en la Disponibilidad funcional; los que influyen son sus elementos integrantes, a saber: Fiabilidad y Mantenibilidad. Si bien, normalmente aunque no siempre, altos niveles de Disponibilidad operativa suelen implicar altos niveles de Disponibilidad funcional.

Los elementos no reparables, que son aquéllos que no son reparados si se averían, fían lograr los niveles exigidos de Disponibilidad funcional a una alta Fiabilidad, mientras que los elementos reparables (aquéllos que son susceptibles de ser reparados si sufren una avería) pueden alcanzar los niveles de Disponibilidad funcional con una combinación apropiada del nivel de Fiabilidad de sus componentes integrantes, redundancias funcionales y acciones eficaces y rápidas de mantenimiento correctivo. Como se puede intuir, la logística del mantenimiento cobra una gran importancia para lograr altos niveles de Disponibilidad, máxime para aquellos elementos con fiabilidades no altas.

Otro aspecto a considerar es el mantenimiento preventivo. En el ámbito que nos ocupa, podemos distinguir entre el mantenimiento preventivo que provoca la indisponibilidad programada del elemento mantenido y el que no lo hace. Conceptualmente, el mantenimiento preventivo no debería provocar indisponibilidades funcionales (podría provocar disponibilidades operativas del elemento) ya que su ejecución debería llevarse a cabo en instantes en los que no existiese demanda de funcionamiento. Obviamente, en el caso de equipos sometidos a una demanda continua de funcionamiento (por ejemplo, las instalaciones o equipos energéticos que funcionan en base), cualquier indisponibilidad operativa programada sobre uno de estos equipos producirá una indisponibilidad funcional. De ahí, la conveniencia de aplicar técnicas de mantenimiento basado en la condición o mantenimiento predictivo frente a técnicas de mantenimiento preventivo sistemático.

Estas últimas requieren normalmente más intervenciones y suelen provocar un mayor impacto en la atención de la demanda correspondiente.

De una forma genérica, se puede indicar que la Fiabilidad es una característica imprescindible para los elementos no reparables o sometidos a un régimen continuo de funcionamiento, mientras que la Disponibilidad constituye una característica operativa fundamental para los elementos reparables o con un régimen intermitente (no constante) de funcionamiento; por ejemplo, un panel fotovoltaico, un aerogenerador o un automóvil.

La mayor o menor Disponibilidad de un elemento afectará al mayor o menor beneficio obtenido con su explotación. Tanto en lo que se refiere a la generación de ingresos o "valor", como al total de los costes de explotación incurridos.

La Seguridad de un elemento mide su capacidad para operar sin producir daño. Constituye el concepto inverso al de Riesgo, cuantificado éste por la esperanza matemática del daño que se puede ocasionar durante la explotación de un elemento por la ocurrencia de sus averías.

El concepto de Seguridad está muy ligado al de Fiabilidad, pues la generación potencial de un daño debería estar asociada sólo con la aparición de una avería. Las actividades programadas no deberían causar daño.

En el mundo anglosajón, se distingue entre "Safety" y "Security" (Ver Figura N° 4). El concepto de "Safety" se refiere a la ausencia de Riesgo derivado del comportamiento operativo de un elemento, equipo, sistema o instalación (el fallo de un elemento puede provocar un "acciden-

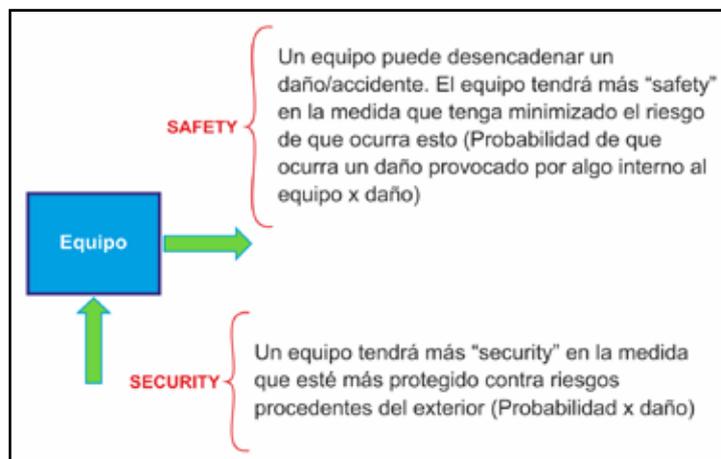


Figura N° 4: Safety y Security.

te”: suceso con impacto sobre las personas, los bienes o el medioambiente; por tanto, existe un riesgo asociado al elemento en cuestión). Dicho elemento será más o menos seguro en la medida del menor o mayor nivel de riesgo que presente. La acción desencadenante del daño potencial se produce desde dentro del equipo hacia el exterior al mismo.

Por su parte, el concepto de “Security” tiene que ver con la protección de un elemento, equipo, sistema o instalación frente a “ataques/sucesos/ hechos delictivos” del exterior que pretenden o pueden “dañarlo”. En español, se suele utilizar también la terminología “seguridad física” o “seguridad patrimonial”. La acción desencadenante del daño potencial se produce de fuera (el exterior al equipo) hacia dentro (del equipo). Un elemento tendrá más “Security” (será más “seguro” desde esta perspectiva) cuanto más protegido esté frente a “ataques/sucesos” externos a él.

Los niveles de Disponibilidad y Seguridad alcanzados por un cierto elemento en un determinado período de explotación condicionarán su eficacia en dicho periodo, así como su eficiencia, debido a la estrecha relación existente entre la eficacia de la explotación, los ingresos generados y los costes de explotación (Ver Figura N° 5).

Mantenibilidad y Seguridad (en inglés, RAMS: “Reliability”, “Availability”, “Maintainability” y “Safety”), según el caso.

En las fases de diseño y construcción, por ejemplo, se pueden concebir y utilizar materiales y componentes con gran resistencia al desgaste, implantar redundancias o establecer diseños modulares que faciliten la rápida reparación del elemento si éste se avería entre otras posibilidades. Es decir, se persigue dotar a los elementos de una determinada Fiabilidad y Mantenibilidad inherentes, entendiendo la Mantenibilidad de un elemento como la facilidad para llevar a cabo su mantenimiento de forma sencilla, segura y económica.

Durante la explotación de un elemento, la medida más generalizada que se adopta es la ejecución de un programa eficiente de mantenimiento preventivo; sobre todo, cuando las posibilidades de modificar el diseño de los equipos y sistemas son pequeñas o el margen de actuación sobre la demanda de funcionamiento es escaso. Asimismo, hay que tener en cuenta que los costes de mantenimiento constituyen una partida muy significativa del coste total de explotación y se trata normalmente de un área de actividad, en gran medida, bajo la planificación y el control de la propia instalación.

En un entorno real, donde los recursos siempre son limitados, la ejecución de un programa eficiente de optimización del mantenimiento de una instalación industrial requiere, como primera tarea, la identificación y priorización de los elementos susceptibles de ser mantenidos en función del riesgo asociado a sus potenciales averías y con el fin de distribuir entre ellos los limitados recursos disponibles, de manera que el beneficio o mejora que se obtenga sobre el conjunto de la explotación de la instalación sea lo mayor posible. Una vez seleccionados los equipos sobre los que se va a actuar, se deberán identificar sus modos y causas de fallo predominantes y, a partir de ellos, aquellas actividades de mantenimiento que se consideren técnica y económicamente más convenientes para proceder a su implantación y, posteriormente, a su seguimiento y control con el fin de evaluar el grado de eficiencia alcanzado.

A pesar de la importancia que el mantenimiento tiene para lograr altos niveles de eficiencia de la explotación de los elementos, se sigue consi-

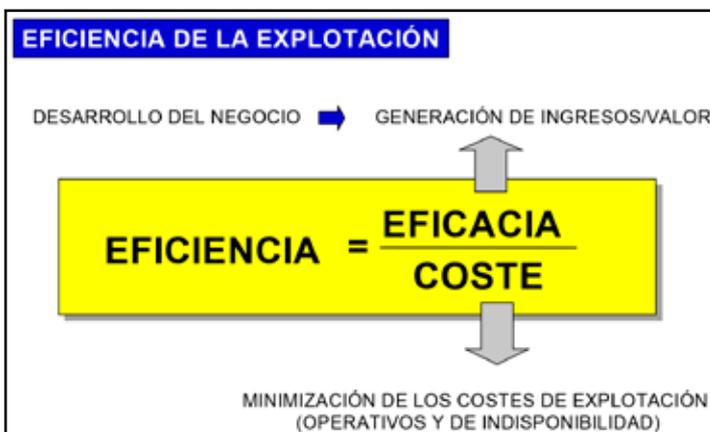


Figura N° 5: Eficiencia de la explotación de un elemento.

Una gestión adecuada de la explotación de los elementos debe conducir a la optimización de su rentabilidad mediante la consecución de la máxima eficiencia operativa.

Para maximizar la eficacia de los elementos durante su explotación, se adoptan determinadas medidas en las fases de diseño, construcción y explotación de los mismos que pretenden optimizar sus niveles de Fiabilidad, Disponibilidad,

derando como un gasto que debe minimizarse, llevándose este planteamiento, en muchas ocasiones, hasta unos extremos contraproducentes debido, entre otras cuestiones, a la dificultad de medir el beneficio del mantenimiento de una forma simple y objetiva, al desconocimiento técnico de los gestores, a la falta de exigencia de responsabilidades por las decisiones tomadas, a la inexistencia de un proceso de seguimiento de la explotación de los elementos y al escaso tratamiento científico que rodea a las actividades de mantenimiento. Todo esto provoca que las decisiones en este área sean adoptadas principalmente en base fundamentalmente a la intuición y la experiencia personales, con la merma de objetividad e ineficiencia que este proceder puede acarrear.

### 3.- SEGURIDAD DE FUNCIONAMIENTO DE UN ELEMENTO: CONCEPTO, CONTROVERSIA Y CUANTIFICACIÓN

Se define la Seguridad de Funcionamiento de un elemento (“Dependability”) como la cualidad del mismo que caracteriza su capacidad para atender su demanda de funcionamiento. Constituye la visión global de la Disponibilidad de un elemento y de sus factores constituyentes, a saber: Fiabilidad, Mantenibilidad y Logística del Mantenimiento (Ver Figura N° 6).

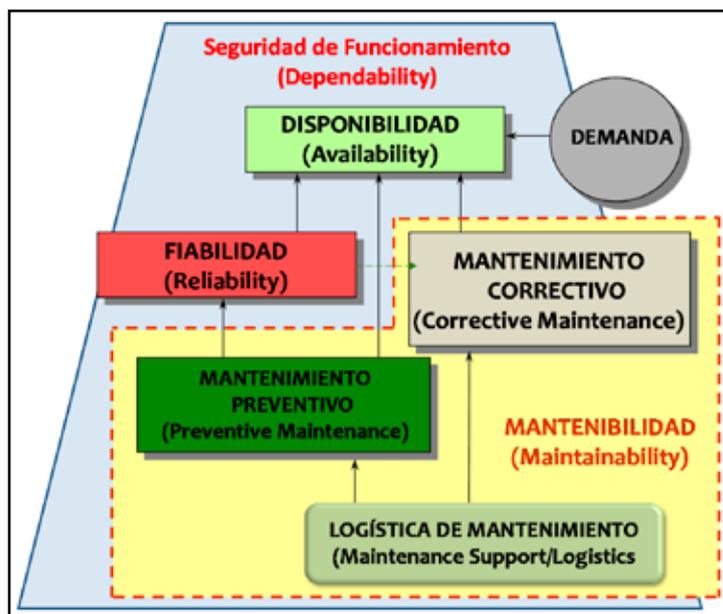


Figura N° 6: Seguridad de Funcionamiento de un elemento.

Una gestión adecuada de la explotación de los elementos debe conducir a la optimización de su rentabilidad mediante la consecución de la máxima eficiencia operativa. Dicho proceso supondrá,

en la práctica, el desarrollo de una adecuada gestión de la Seguridad de Funcionamiento y del coste de explotación.

Un planteamiento de mejora continua de la eficacia de la explotación de un elemento requiere la implantación de un proceso de evaluación y seguimiento de su Seguridad de Funcionamiento en función de los niveles de Fiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad alcanzados.

La Asociación Española de Normalización (AENOR) ha incorporado el término “Dependability” a su cuerpo normativo traduciéndolo como “Confiabilidad” y considerándolo, como debe ser, un concepto distinto al de Fiabilidad ya comentado. Este hecho provoca no pocos equívocos en el ámbito hispanoamericano en el que el término de Confiabilidad es equivalente al de “Fiabilidad” utilizado en este artículo. De aquí, que se haya preferido, en este trabajo, traducir el término “Dependability”, a partir de su traducción francesa de “Sûreté de Fonctionnement”, por “Seguridad de Funcionamiento”.

Otro punto de controversia que puede plantearse con lo indicado por las normas de AENOR en este campo de la ingeniería es la consideración del término de Seguridad de Funcionamiento con un carácter meramente cualitativo y únicamente relacionado con la fase de diseño de los elementos.

En el resto de este trabajo, se tratará de rebatir ambas consideraciones, proponiendo un método de cuantificación de la Confiabilidad de un elemento para un período de explotación ya acontecido. Para ello y debido al carácter probabilista de los factores constituyentes la Seguridad de Funcionamiento, se definirán un conjunto de indicadores que resulten fácilmente medibles a partir del comportamiento operativo histórico de los elementos bajo análisis y que estén correlacionados con su Fiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad. Téngase en cuenta que no pueden calcularse probabilidades relativas a hechos ya acontecidos (el período de explotación que se quiere evaluar ya ha ocurrido).

Para un determinado período T de explotación, se recomienda la utilización de los siguientes indicadores, cuyos valores se encontrarán entre 0 y 1:

- **Indicador de Fiabilidad (IF):**  $IF^T = \frac{T_0^T}{T}$

donde  $T_0^T$  es el tiempo medio en condiciones operativas adecuadas del elemento en cuestión en el período de explotación  $T$  bajo análisis.

- **Indicador de Mantenimiento Preventivo (IMP):**  $IMP^T = \frac{1}{2^{n_{IAM}^T}}$

donde  $n_{IAM}^T$  representa el número de averías evitables por mantenimiento preventivo que han acaecido en el período de explotación  $T$  bajo análisis.

- **Indicador de Mantenimiento Correctivo (IMC):**  $IMC^T = 1 - \frac{T_A^T}{T}$

donde  $T_A^T$  es el tiempo medio en avería del elemento en cuestión en el período de explotación  $T$  bajo análisis.

- **La Disponibilidad operativa**, definida como el cociente entre el tiempo total en que el elemento en cuestión ha estado en condiciones operativas adecuadas en el período de explotación considerado ( $T_O^T$ ) y la duración de dicho período ( $T$ ).

$$A_O^T = \frac{T_O^T}{T}$$

- **La Disponibilidad funcional**, definida como el cociente entre el tiempo total en que un elemento ha estado en funcionamiento durante el período de explotación considerado ( $T_F^T$ ) y la duración de la demanda de funcionamiento en dicho período ( $T_{DF}^T$ ).

$$A_F^T = \frac{T_F^T}{T_{DF}^T}$$

Si se representan los indicadores mencionados sobre cinco ejes situados a 60° unos de otros, el área encerrada por el polígono construido representará el nivel de Seguridad de Funcionamiento alcanzado por el elemento en cuestión en el período de explotación bajo análisis (Ver Figura N° 7).

De manera que:

$$SF^T = \frac{\sqrt{}}{4} \times (IF^T \times IMC^T + IMC^T \times A_F^T + A_F^T \times A_O^T + A_O^T \times IMP^T + IMP^T \times IF^T) = 0,433 \times (IF^T \times IMC^T + IMC^T \times A_F^T + A_F^T \times A_O^T + A_O^T \times IMP^T + IMP^T \times IF^T)$$

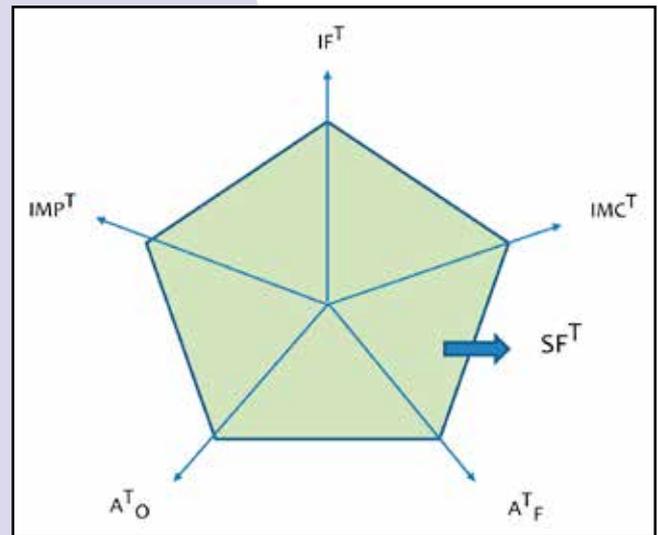


Figura N° 7: Cuantificación de la Seguridad de Funcionamiento de un elemento en un período de explotación ya acontecido.

Este proceso de cálculo de la Seguridad de Funcionamiento alcanzada por un elemento en un período de explotación ya ocurrido permitirá evaluar la eficacia de la explotación de los elementos de manera sencilla, así como identificar potenciales áreas de mejora, facilitándose la comparación de los resultados obtenidos en diferentes períodos operativos y con los objetivos fijados (Ver Figura N° 8).

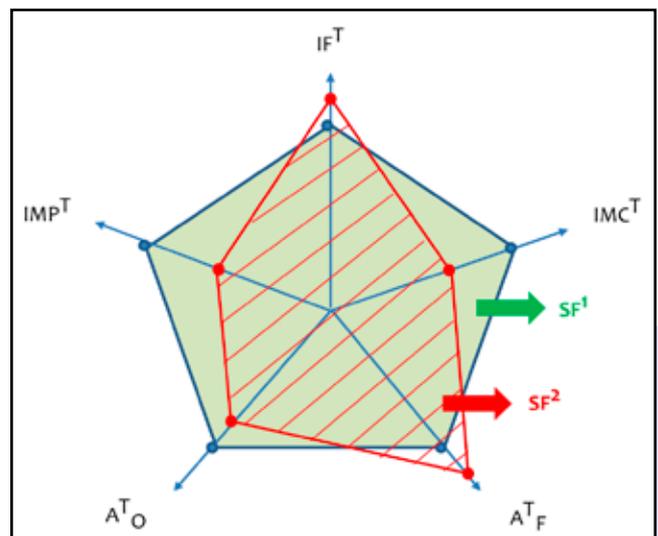


Figura N° 8: Comparación de la Seguridad de Funcionamiento de un elemento en distintos períodos de explotación ya acontecidos.

A título de ejemplo, considérese un determinado elemento que presenta los siguientes perfiles operativos en dos períodos de explotación consecutivos  $T_1$  y  $T_2$  que se indican en la Figura N° 9.

El perfil de demanda de funcionamiento del elemento en cuestión (línea roja) es el mismo en ambos períodos de explotación.

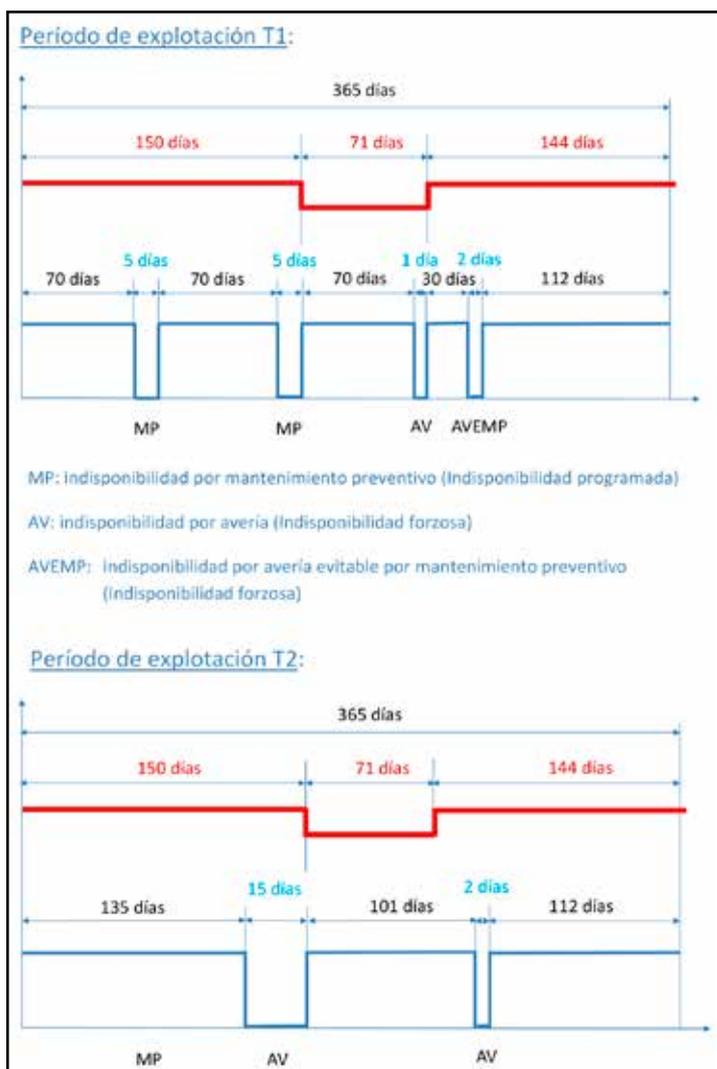


Figura N° 9: Perfiles operativos del elemento considerado en los períodos de explotación T1 y T2.

Los indicadores propuestos para cada uno de los períodos de explotación considerados adoptan los siguientes valores:

**Período de explotación T1:**

$$IF^T = \frac{T_O^T}{T} = \frac{(70+70+70+30+112) \text{ días}}{365 \text{ días}} = \frac{88 \text{ días}}{365 \text{ días}} = 0,24$$

$$IMP^T = \frac{1}{2^{n_{IAM}}} = \frac{1}{2^1} = 0,5$$

$$IMC^T = 1 - \frac{T_A^T}{T} = 1 - \frac{1+2 \text{ días}}{365 \text{ días}} = 1 - \frac{1,5 \text{ días}}{365 \text{ días}} = 1 - 0,004 = 0,996$$

$$A_O^T = \frac{T_O^T}{T} = \frac{(70+70+70+30+112) \text{ días}}{365 \text{ días}} = \frac{352 \text{ días}}{365 \text{ días}} = 0,964$$

$$A_F^T = \frac{T_F^T}{T_{DF}^T} = \frac{(70+70+30+112) \text{ días}}{(150+144) \text{ días}} = \frac{282 \text{ días}}{294 \text{ días}} = 0,959$$

Estos indicadores dan lugar a un nivel de Seguridad de Funcionamiento del elemento considerado para el período de explotación T1:

$$SF^T = \frac{1}{2} \times (IF^T \times IMC^T + IMC^T \times A_F^T + A_F^T \times A_O^T + A_O^T \times IMP^T + IMP^T \times IF^T)$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{4} \times (0,24 \times 0,996 + 0,996 \times 0,959 + 0,959 \times 0,964 + 0,964 \times 0,5 + 0,5 \times 0,24) =$$

$$= 0,433 \times 2,721 = 1,178$$

**Período de explotación T2:**

$$IF^T = \frac{T_O^T}{T} = \frac{(135+101+112) \text{ días}}{365 \text{ días}} = \frac{116 \text{ días}}{365 \text{ días}} = 0,32$$

$$IMP^T = \frac{1}{2^{n_{IAM}}} = \frac{1}{2^1} = 1$$

$$IMC^T = 1 - \frac{T_A^T}{T} = 1 - \frac{15+2 \text{ días}}{365 \text{ días}} = 1 - \frac{8,5 \text{ días}}{365 \text{ días}} = 0,977$$

$$A_O^T = \frac{T_O^T}{T} = \frac{(135+101+112) \text{ días}}{365 \text{ días}} = \frac{348 \text{ días}}{365 \text{ días}} = 0,953$$

$$A_F^T = \frac{T_F^T}{T_{DF}^T} = \frac{(135+144-2) \text{ días}}{(150+144) \text{ días}} = \frac{277 \text{ días}}{294 \text{ días}} = 0,942$$

Estos indicadores dan lugar a un nivel de Seguridad de Funcionamiento del elemento considerado para el período de explotación T2:

$$SF^T = \frac{\sqrt{3}}{4} \times (IF^T \times IMC^T + IMC^T \times A_F^T + A_F^T \times A_O^T + A_O^T \times IMP^T + IMP^T \times IF^T)$$

$$\frac{\sqrt{3}}{4} \times (0,32 \times 0,977 + 0,977 \times 0,942 + 0,942 \times 0,953 + 0,953 \times 1 + 1 \times 0,32) =$$

$$= 0,433 \times 3,404 = 1,474$$

En la Figura N° 10, se representan los gráficos de Seguridad de Funcionamiento del elemento bajo análisis para los períodos de explotación T1 y T2.

Indicador	Período de explotación T1	Período de explotación T2
IF	0,24	0,32
IMP	0,5	1
IMC	0,996	0,977
Ao	0,964	0,953
Af	0,959	0,942
FS	1,178	1,474

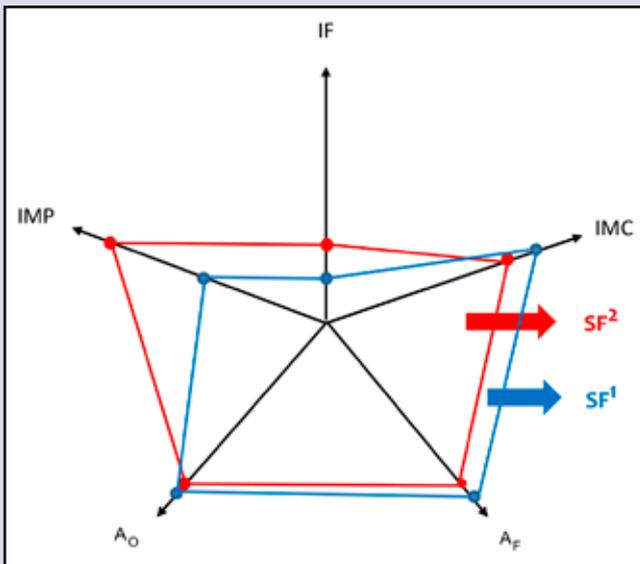


Figura N° 10: Gráficos de Seguridad de Funcionamiento para el elemento considerado en los períodos de explotación T1 y T2.

A partir de la Figura N° 10, se puede indicar que el elemento en cuestión ha mejorado su nivel de Seguridad de Funcionamiento en el período T2 a partir de una mayor Fiabilidad lograda en dicho período con relación al período T1 y una ma-

yor eficacia del plan de mantenimiento preventivo que ha permitido que no se produjeran averías evitables por mantenimiento preventivo, a pesar de que el mantenimiento correctivo ha sido mayor y las disponibilidades operativa y funcional hayan disminuido ligeramente.

#### 4.- CONCLUSIONES

En este trabajo, se ha discutido el concepto de Seguridad de Funcionamiento de un elemento a partir del análisis de sus elementos constituyentes, a saber: Fiabilidad, Mantenibilidad y Logística del Mantenimiento y su relación con la eficacia y la eficiencia de explotación.

Se ha propuesto un método de cuantificación de la Seguridad de Funcionamiento lograda por un elemento en un período de explotación ya acontecido, rebatiéndose las consideraciones normativas que contemplan a este concepto únicamente desde una perspectiva meramente cualitativa y exclusivamente aplicable a la fase de diseño de los elementos.

#### REFERENCIAS

Aproximación a la Confiabilidad. Aplicaciones prácticas. Red temática sobre Seguridad de Funcionamiento y Calidad de Servicio de Sistemas Productivos. Ministerio de Ciencia e Innovación de España. 2010.

Mantenibilidad. J. Knezevic. Isdefe. Febrero 1996.

Fiabilidad. J. A. Nachlas. Isdefe. Junio 1996.

UNE-EN 60300-1. Gestión de la Confiabilidad. Parte 1: Gestión del programa de confiabilidad. AENOR. Septiembre 1996.

UNE-EN 60300-2. Gestión de la Confiabilidad. Parte 2: Elementos y tareas del programa de confiabilidad. AENOR. Diciembre 1997.

IEC 60300-3-4 - Gestión de la confiabilidad. Parte 3-4: Guía para la especificación de los requisitos de confiabilidad.

UNE-EN 60300-3-10. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-10: Guía de aplicación. Mantenibilidad. AENOR.

UNE-EN 60300-3-12. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-12: Guía de aplicación. Soporte logístico integrado. AENOR.

UNE-EN 60300-3-14. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-14: Guía de aplicación. Mantenimiento y logística de mantenimiento. AENOR.

#### EL COMITÉ DE CONFIABILIDAD DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CALIDAD

La Asociación Española para la Calidad (AEC) es una entidad privada sin ánimo de lucro, fundada en 1961, cuya finalidad es fomentar y apoyar la competitividad de las empresas y organizaciones españolas, promoviendo la cultura de la calidad, la innovación y el desarrollo sostenible.

La AEC fomenta la divulgación de las mejores prácticas a través de sus 21 Comités y la organización de una media de 12 jornadas y congresos al año. Ofrece información a través del Centro Nacional de Información de la Calidad, la revista "Calidad" y las publicaciones que se editan.

La formación es uno de los principales servicios de la AEC y, por medio de su Centro de Registro y Certificación de Personas (CERPER), certifica a profesionales en Calidad y Medio Ambiente.

La AEC es miembro de pleno derecho de la Organización Europea para la Calidad (EOQ) y mantiene una colaboración habitual con la Sociedad Americana para la Calidad (ASQ) y la Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad (FUNDIBEQ).

El Comité de Confiabilidad de la AEC tiene como misión constituir un foro de intercambio de experiencias y ser un referente sobre los temas de Confiabilidad, que faciliten la aplicación de las técnicas y los métodos de este área del conocimiento en las empresas españolas para la mejora de la calidad de sus procesos y productos. Entre sus objetivos, cabe señalar los siguientes:

- Concienciar a la sociedad española de la importancia que tiene la Confiabilidad para la Calidad de los productos.
- Desarrollar programas formativos en Confiabilidad.
- Potenciar la comunicación permanente con entidades nacionales e internacionales interesadas en la Confiabilidad.
- Facilitar el intercambio de experiencias entre profesionales de la Confiabilidad.
- Estudiar y encauzar las cuestiones sobre Confiabilidad que planteen los miembros del Comité o los asociados a la AEC.



# Terminal Almacenamiento: Oryx Iberia SAU Sistema de Lucha Contra incendios



Antonio González Pérez de Ontiveros  
Director de mantenimiento



Eleazar Caballero Sánchez  
Ingeniero de mantenimiento



## 1. INTRODUCCIÓN

**O**ryx Energies, empresa del grupo multinacional “AOG”, con 22 terminales distribuidas a lo largo de todo el continente africano y presencia en 16 países, provee servicios de gas y petróleo dirigidos al consumo privado, industrial y naval.

La posición estratégica que ocupa Canarias ha impulsado recientemente la construcción de una nueva terminal de hidrocarburos en el Puerto de La Luz y de Las Palmas, en Las Palmas de Gran Canaria. Inaugurada el 19 de septiembre de 2014, la terminal ofrece servicios de avituallamiento de combustible a barcos (bunkering) y funciona como punto neurálgico para la distribución de fuel y gasoil a lo largo de la costa de África.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Con una superficie total del parque de tan sólo 34.455 m<sup>2</sup>, la terminal de nueva construcción en las islas dispone de un total de 13 tanques y una capacidad de 220.000 m<sup>3</sup> para el almacenamiento de hidrocarburos de categoría C.

Los tanques se distribuyen en dos cubetos de hormigón con conexiones independientes a la zona de bombeo. La terminal cuenta con un total de 9 bombas de hasta 800m<sup>3</sup>/h que permiten el trasiego de producto hacia el muelle. Cinco kilómetros de tuberías conectan la terminal con el muelle “Nelson Mandela”, con una previsión de ampliar la capacidad de las líneas en otros 300 metros adicionales. Con un patio de bombas que permite un abanico muy amplio de conexiones, la terminal cuenta con una capacidad de descarga

de producto superior a los 2.000 m<sup>3</sup>/h y una capacidad de carga de petroleros de 1.700 m<sup>3</sup>/h. La carga y descarga de producto se efectúa mediante mangueras flexibles que conectan 4 arquetas principales con los petroleros.

Los 13 tanques de almacenamiento principales y el tanque de agua contra incendios han sido construidos según el estándar API 650 de la American Petroleum Institute.

Los tanques más grandes con 24 metros de altura y 40 metros de diámetro tienen una capacidad de 30.000 m<sup>3</sup> cada uno.

El diseño de siete de sus tanques con una capa de aislamiento y dos serpentines interiores para recirculación de aceite térmico, permite el almacenamiento de Fuel Oil y otros productos pesados. El aislamiento de lana de roca instalado también en el techo de los tanques, sumado al clima moderado de la zona, minimiza el aporte energético de la caldera. Para facilitar la mezcla de productos y el calentamiento, 9 de los tanques disponen de agitadores accionados eléctricamente. Tanto las bombas como las tuberías interiores cuentan con sistemas de traceado eléctrico y calorifugado lo que evita el enfriamiento del producto fuera del tanque.

Dos calderas de aceite térmico de 1.400 kW completan el sistema de calentamiento de los tanques diseñado para elevar 3°C por día la temperatura del mayor de sus tanques, manteniendo la temperatura del resto.

Una subestación eléctrica con 3 transformadores de 1.000 kVA cada uno, un grupo electrógeno auxiliar de 1.100 kVA y una sala de distribución eléctrica completan el sistema de alimentación de la terminal.

Los 180 actuadores motorizados facilitan la operación remota de la terminal permitiendo la apertura, cierre y conexión de tanques a bombas y tuberías de forma controlada, sin necesidad de recorrer grandes distancias y manteniendo un control de las operaciones.

La instalación, completamente automatizada, cuenta con un sistema Scada de última generación que permite el control y la vigilancia de todos los sistemas explicados anteriormente incrementando la seguridad y la eficiencia en las operaciones. Desde sala de control, un operador dispone

de información en tiempo real de:

- Sistema CI.
- Información de tanques: temperaturas, niveles, agitación, sistemas de protección de sobrellevado.
- Estado de válvulas, apertura y cierre.
- Instrumentación de proceso: transmisores de presión en bombas y tuberías, transmisores de temperatura.
- Control de bombeo, arranque, paro, regulación de velocidad manual y mediante control PID.
- Sistema de parada de emergencia.
- Sistema eléctrico.
- Sistema de calentamiento: caldera, válvulas de control de entrada de aceite a los tanques reguladas mediante PID para minimizar el consumo energético.
- Control de cargadero: contadores, básculas y computadores de carga.
- Separadores de hidrocarburos.

### 3. SISTEMA CI

Debido al riesgo potencial de este tipo de instalación, la terminal dispone de un sistema de extinción de nivel 2 según la clasificación que provee la instrucción técnica MI-IP02 que regula los parques de almacenamiento de líquidos petrolíferos. El nivel 2 de lucha CI es el máximo nivel de seguridad en la escala y obliga a la instalación de sistemas automáticos de detección y extinción.

La terminal integra el sistema CI en el Scada. Este factor permite, además de conocer el estatus de los elementos que componen el sistema desde una sala de control, activar escenarios de lucha CI de manera remota.

El alcance del sistema no se limita únicamente al parque de almacenamiento, sino que incluye también la zona de oficinas y el edificio anexo de servicios auxiliares.

#### 3.1. Detección y extinción automática

Para la detección de fuego en la zona exterior de cubetos y tanques se emplea la tecnología de cable térmico. Este dispositivo, apto para la instalación en exterior, actúa como un interruptor de cortocircuito que se activa cuando la temperatura en cualquier parte del cable alcanza los 105°C. Este cable se conecta a cualquiera de los 16 ar-

marios de distribución repartidos alrededor de los cubetos. En los armarios, el cable se conecta con los módulos de entrada direccionables analógicos usando una resistencia de carga en serie y una de final de línea en paralelo al final del cable.

Cada tanque y cada cubeto de retención disponen de un cable independiente que permite identificar la zona de fuego. Esta tecnología discrimina entre detección de fuego y avería en función del valor de resistencia obtenido. El sistema de cable térmico es fácilmente reparable después de una alarma, cortando el trozo de cable cortocircuitado, y sustituyéndolo por una sección nueva de cable. El cable recorre el perímetro superior de los tanques así como la pasarela central. En la zona de cubetos de retención, el cable se instala junto a las arquetas de retención.

Además del cable térmico, la zona del patio de bombas cuenta con detectores infrarrojos que transmiten la señal de fuego a la central principal de incendios.

Mediante estos elementos, el sistema es capaz de distinguir si el fuego ha sido originado en el tanque o en sus alrededores y actuar en consecuencia disparando un escenario pre-programado. Los escenarios de fuego han sido diseñados para cumplir con los requerimientos de volumen de agua y espuma exigidos por la MI-IP02.

Para la extinción, la instalación cuenta con 2 tuberías de acero al carbono de 12" que recorren los muros de los cubetos de retención para alimentar los puntos de salida de agua. Una de las tuberías contiene agua y la otra agua con espumógeno AFFF para la producción de espuma de media densidad. Ambas tuberías se encuentran presurizadas a 10 bares. De estas dos tuberías parten un total de 59 tuberías secas que alimentan a los diferentes elementos de extinción de los tanques:

1. Vertederas de espuma en cubetos.
2. Anillo de refrigeración de agua.
3. Anillo de espuma.
4. Espuma para el interior de tanque.

Hay además dos cortinas de agua para aislar térmicamente la zona de oficinas del parque de tanques.

El agua es contenida en cada caso mediante una válvula de accionamiento remoto de tipo Inbal.

Este tipo de válvula, sin partes móviles, abre al liberar la presión de una membrana interior. La activación de estas válvulas se efectúa de tres modos diferentes: manualmente desde la propia válvula, manualmente desde un puesto remoto, automáticamente por acción de una electroválvula.

La activación automática de un elemento se produce cuando la centralita recibe la confirmación de fuego en una zona. Esta confirmación de fuego activa un escenario que genera la apertura remota de diferentes válvulas. La extinción es, por lo tanto, completamente automática a excepción de la entrada de espuma interior que requiere de la confirmación manual desde la sala de control.

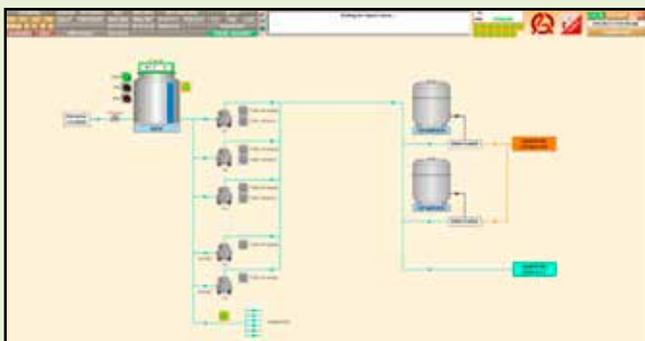
Cada tubería seca tiene instalado un interruptor de presión aguas abajo de la Inbal, que permite al sistema detectar la apertura manual de cualquiera de las válvulas. Este elemento facilita también las labores de mantenimiento y detección de fugas en las válvulas. Los sistemas de extinción son activados trimestralmente dentro del programa de mantenimiento de la terminal para comprobar la efectividad y el buen funcionamiento de todos los dispositivos.



### 3.2. Sistema de Bombeo

La terminal cuenta con tres bombas contra incendios principales capaces de aportar un caudal nominal de 750 m<sup>3</sup>/h a una presión de 12 bares. Dichas bombas son accionadas mediante un motor de encendido provocado, con una autonomía de 25 horas. Cada una de ellas tiene un arranque selectivo automático que atiende a un nivel mínimo de presión de las líneas principales. Para mantener la presión en la línea ante eventuales pérdidas, se dispone de dos bombas Jockey accionadas eléctricamente.

La capacidad de agua provista para la lucha contra incendios es de 6.000 metros cúbicos con posibilidad de generar aportes mediante camiones cisterna o impulsando agua directamente desde el mar. El tanque de agua cuenta con instrumentación conectada al sistema de control que permite la supervisión del nivel y el llenado automático de agua sin necesidad de actuación manual.



Dos bombas accionadas mecánicamente mediante el paso de agua se encargan de realizar la mezcla de agua y espuma desde dos depósitos de espumógeno con una capacidad total de 20 m<sup>3</sup> de espuma.

Para la extinción de fuego en la zona del muelle, la terminal cuenta con una tubería de acero al carbono de 8", que recorre una galería de servicio del muelle. El muelle cuenta con un total de 7 arquetas con hidrantes para la conexión de mangueras. La tubería se alimenta mediante grupos de bombeo de 260 m<sup>3</sup>/h, cada uno alimentados por motores diésel y montados sobre dos remolques que se abastecen de agua de mar mediante una manguera flexible de 8". El sistema está diseñado para la extinción de fuego en tierra y también en barco. Los equipos de bombeo son arrancados semanalmente dentro del programa de mantenimiento de la terminal.

### 3.3. Sistema de Control

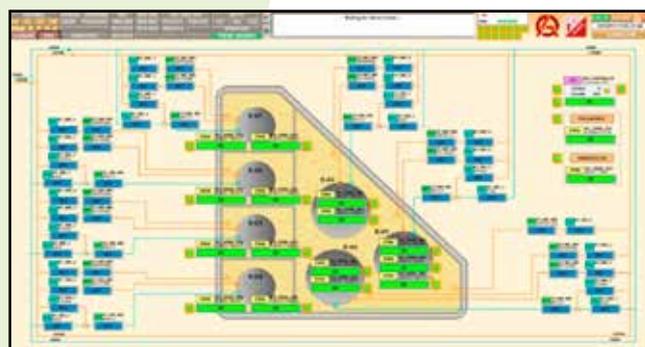
Desde la sala de control es posible acceder a un total de 8 pantallas donde se monitoriza el estado de cada elemento:

- Alarma de fuego en cada zona (cable térmico y detectores de infrarrojos).
- Estatus de los pulsadores de incendios.
- Estatus de las salidas digitales de la centralita: electroválvulas.
- Estatus de los interruptores de presión.
- Pantallas dedicadas con un resumen de todos los elementos de cada tanque: cable térmico,

interruptor de presión y electroválvula.

- Pantalla de activación de escenarios.
- Pantalla de control del sistema de llenado de agua CI.

El sistema de control permite activar escenarios de forma remota de modo que, en caso de fallo del sistema de detección, sea posible forzar un escenario de fuego en un tanque o cubeto sin desplazarse a la zona.



## 4. MANTENIMIENTO

La terminal cuenta con un sistema de gestión de mantenimiento asistido por ordenador que facilita los procesos de mantenimiento preventivo y correctivo. El mantenimiento correctivo es alimentado con las demandas de trabajo generadas por los usuarios del sistema y por el propio departamento de mantenimiento.

El mantenimiento preventivo se confecciona a partir del análisis de los modos de fallo o fallos funcionales de los diferentes equipos. Esto genera la información de las tareas a realizar a los equipos para evitar la falta de funcionalidad. Este modo de análisis basado en la fiabilidad (RCM Reliability Centered Maintenance) es uno de los puntos de partida del mantenimiento preventivo de la compañía. Las condiciones especiales de la instalación, cuyos equipos principales se encuentran en zonas con atmósferas explosivas, obligan a la utilización de herramientas especiales así como procedimientos de trabajo específicos en los que se contemplen estos riesgos.

Los elementos más importantes a largo plazo de la instalación son los tanques de almacenamiento. El programa de inspecciones y de mantenimiento preventivo para estos elementos está basado en la norma de mantenimiento de tanques API 653. Esta norma fija los puntos de inspección, los métodos, la frecuencia y los criterios mínimos de aceptación y rechazo. La medición

de espesores para el control de los ratios de corrosión es uno de los puntos clave de esta norma cuya aplicación facilita la planificación adecuada del programa de mantenimiento. La aplicación de END: Ultrasonidos en techo y virolas y MFL (Magnetic Flow Current) en fondo de tanques, entre otros, son métodos reconocidos para la inspección. El programa de mantenimiento preventivo se completa con una medición periódica de los asentamientos.

El mantenimiento preventivo de los sistemas de seguridad es otro de los puntos más vigilados de la instalación. Sistemas de uso no habitual como los sistemas de parada de emergencia por sobrellenado o los pulsadores de cierre de emergencia, en los que un mal funcionamiento puede significar un accidente grave, hacen obligatorio:

- Pruebas de vigilancia periódica de funcionamiento.
- Sistemas de detección automático de fallo. Contactos eléctricos Fail-Close.

A este grupo pertenecen también aquellos equipos que forman parte del sistemas de seguridad como son los transmisores de presión de bombas, transmisores de temperatura en circuitos de trazo y las válvulas de seguridad por presión (PSV). La calibración y prueba de funcionamiento de estos equipos forma también parte del mantenimiento periódico de la instalación.

Estas características incluyen también al sistema de protección contra incendios de la terminal. Más allá de los requerimientos legales de mantenimiento, un fallo en un sistema de extinción en una situación de fuego tiene consecuencias desastrosas para la terminal. Pruebas trimestrales de funcionamiento de todos los elementos junto con un programa de formación periódico de los operadores de la terminal, forman parte del mantenimiento del sistema CI.

Al tratarse de un sistema con muchos componentes electrónicos hay que definir pruebas que permitan la detección de fallo de cada componente y de todos los modos posibles. Así, además de las pruebas regulares de detectores de humo, extintores, lanzas y válvulas, hay que evaluar todas las electroválvulas, los cables térmicos, armarios y presostatos. Además, se evalúan los distintos casos de pérdida de conectividad entre la centralita CI y el sistema Scada. De esta forma, se prueban las diferentes opciones: rotura de cable

desde la central al PC que hace de interfaz con el Scada, rotura de cable desde el PC al Scada, fallo de Scada y fallo de central.

Es importante recalcar la importancia de la formación del personal para eliminar los fallos en equipos debidos al uso indebido de los mismos. La terminal sufrió varias averías durante los primeros meses de funcionamiento asociadas principalmente a 3 motivos:

- Mortalidad infantil de los equipos.
- Fallos en la instalación.
- Mal uso de los equipos por falta de experiencia.

Si bien los dos primeros apartados desaparecen rápidamente, es importante aplicar las medidas adecuadas para corregir malos hábitos. Esto se corrigió mediante un programa de mejora continua que pasa por la formación y evaluación.

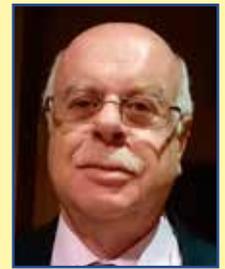
Por último, es importante el análisis de las prácticas de mantenimiento preventivo de equipos críticos desde el punto de vista operativo. En este caso, las bombas y los sistemas de medición de tanques constituyen los equipos más vulnerables y cuya reparación, sin una correcta gestión de repuestos y contratos de asistencia y servicio pueden acarrear pérdidas de producción importantes. Para incrementar la fiabilidad de las bombas, la terminal aplica un programa de mantenimiento predictivo con mediciones periódicas de:

- Vibraciones en bomba y motor.
- Medición de temperaturas en rodamientos.
- Análisis de la curva de funcionamiento.
- Medición de consumo.
- Comprobación de alineamiento.

Esta práctica, aunque con poco tiempo para sacar conclusiones, ya ha permitido detectar algunos fallos que podían haber derivado en una avería imprevista de la máquina.

En el caso de los sistemas de medición de nivel, la clave está en mantener la precisión exigible. Para ello, se realizan mediciones manuales periódicas que permiten controlar que el equipo se mantiene dentro de la precisión requerida. El equipo radar cuenta también con herramientas de autodiagnóstico que cada cierto tiempo emiten una señal de medición de más precisión y la comparan con la medida radar. Estas diferencias se registran en un PC y se analizan mensualmente como medida adicional a las mediciones manuales.

# La Bomba de Vacío. 175 Años Endulzando Nuestra Vida



Fernando Andrés Ojeda Pérez

Ingeniero Industrial

## INTRODUCCIÓN

**I**deas, descripción de procesos fabriles, documentación tecnológica, patentes, informes, etc. Un acervo cultural relacionado con las ingenierías históricas. Todo este conocimiento antiguo, considero, también es arqueología industrial.

Hará una decena de años, en una librería de viejo adquirí “Fabricación de azúcar de caña” del ingeniero Juan Tatjer y Riqué, editado en la Habana (calle de la Amargura) en 1887. Describe perfectamente los Tachos de Vacío, aplicación directa de la bomba de vacío.

Mucho antes, había incorporado a mi colección, el manual de la Cía. Babcock and Wilcox “El vapor su producción y empleo”. Una traducción del francés al castellano (a su vez trasladada de la 26 edición del manual en inglés) del ingeniero J. Cervantes. En este último descubrí un tipo de caldera específica para quemar bagazo (el residuo de la caña de azúcar una vez prensada). Lo novedoso del bagazo usado, es que era en verde. Esto es, sin secar. La rentabilidad se demostraba fácilmente. De estos dos libros saqué lo que sigue.

### 1. CON AZÚCAR...

En 1887 el ingeniero D. Juan Tatjer y Riqué escribe:

*“Se llaman **triple efecto**, los aparatos de concentración al vacío usados actualmente en todas las fábricas de azúcar instaladas con maquinaria moderna. Su invención ha hecho dar un gran paso de adelanto a esta industria, permitiendo obtener con ellos mayor rendimiento con menos consumo de combustible.*

*Se debe a **M. Rillieux** la primera aplicación de leyes físicas conocidas, a la concentración del **guarapo**, con el éxito más feliz, siendo por lo tanto acreedor a la mayor consideración de los países que cuentan entre sus industrias la del azúcar y aún de los que están privados de ella por lo que se ha generalizado su consumo y la reducción del coste de producción, debida al empleo de estos aparatos.*

*Los **triple efecto** han ido modificándose de forma desde el primero que construyó Rillieux, el cual era horizontal, pero su fundamento es siempre el mismo y consiste esencialmente en lo siguiente:*

*Producir vacío en dos o tres recipientes llamados **tachos** y aprovechar el calor de los vapores del guarapo producidos en el primero por el vapor directo o de escape de las máquinas, para evaporar en el segundo y los de éste en el tercero; de este modo, con sólo el vapor de escape de las máquinas, que antes se perdía en su mayor parte, se concentra el jugo de la caña ó de remolacha de **9 a 26 grados Beaumé**, lo cual no sólo es un gran ahorro de combustible, sino también muy conveniente al rendimiento”.*

### 2. DESCRIPCIÓN DEL TRIPLE EFECTO

Extrayendo, a medida que se forman, los vapores del guarapo en un recipiente o tacho, la presión sobre el líquido disminuirá y hervirá más pronto. Si estos vapores antes de ir a la bomba se encuentran en contacto con la superficie tubular de otro recipiente cuyos tubos estén rodeados de guarapo sometido a una presión menor que en el primero, el calor de los mismos evaporará dicho guarapo en el segundo, con más o menos rapidez, según sea la diferencia de vacío entre los dos. Se tendrá, pues, un doble efecto. Si en lugar

de ir a la bomba de aire se hace aún circular por otra superficie tubular cubierta también de guarapo, el vacío de éste siendo mayor que en las otras dos, por estar más inmediato a la bomba, determinará una tercera evaporación del guarapo y se habrá obtenido el conjunto de un triple efecto en su parte fundamental.

En definitiva: El calor obtenido durante la condensación se utiliza para evaporar agua adicional en la cámara siguiente, manteniendo una presión más baja que en la **primera** (lo cual conlleva una disminución de su punto de ebullición). El vapor obtenido en esta **segunda** cámara se dirige a una **tercera** con una aún menor presión, para condensar y generar más vapor. Con 26" de vacío en el tacho de **meladura**, que suele ser el máximum en los aparatos de triple efecto, hierve el guarapo a los 51,5°C de temperatura, o sea con la mitad menos de calor que a la presión atmosférica.

Esta secuencia se repite más veces "reciclando" el calor de vaporización.

### 3. APARATOS DE TRIPLE EFECTO

Podemos clasificarlos en horizontales y verticales, estos últimos a su vez se subdividen según tengan los vasos de seguridad sobre los mismos tachos o aparte y montados sobre la misma plataforma.

#### 3.1. Componentes principales

- Tres recipientes llamados tachos
- Calentador de guarapo
- Bomba de aire
- Bomba de guarapo caliente
- Bomba de meladura
- Bomba de retornos
- Bomba de agua

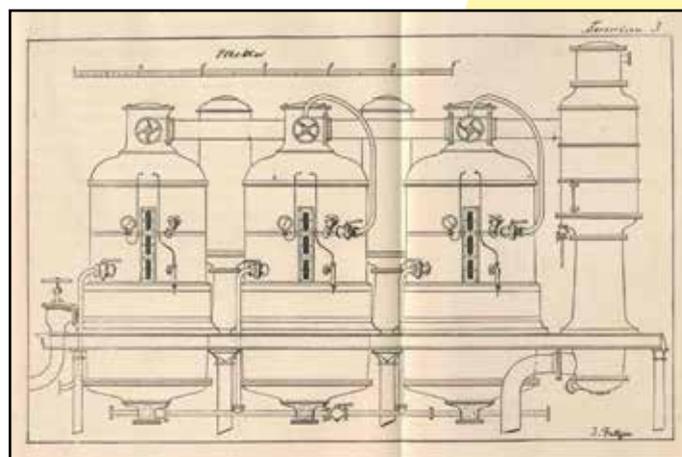


Figura N° 2

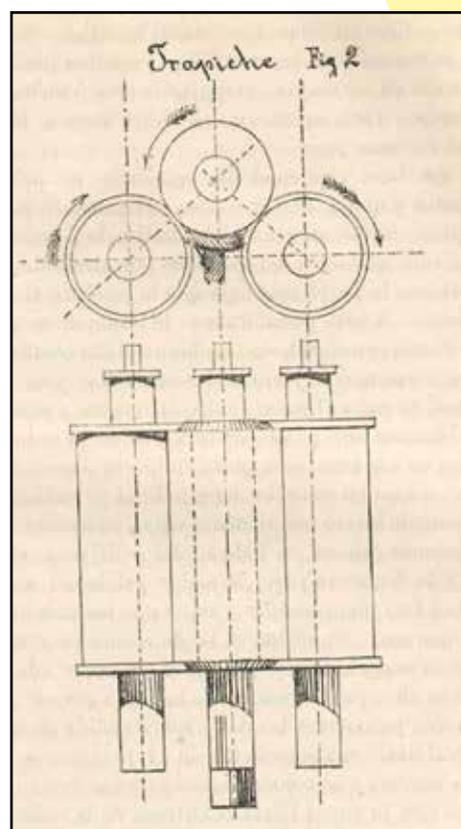


Figura N° 3

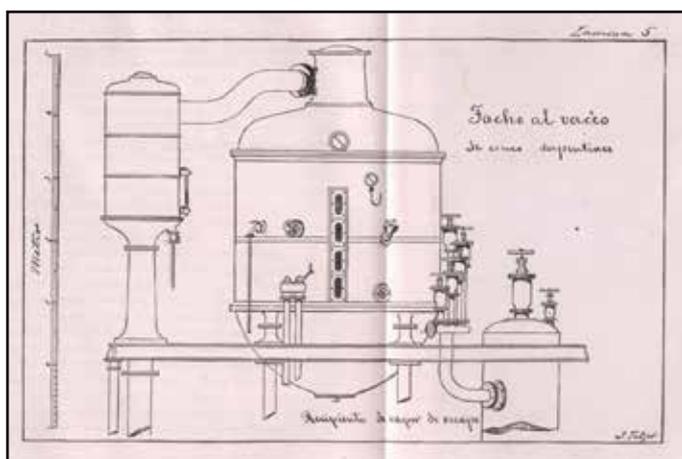


Figura N° 1

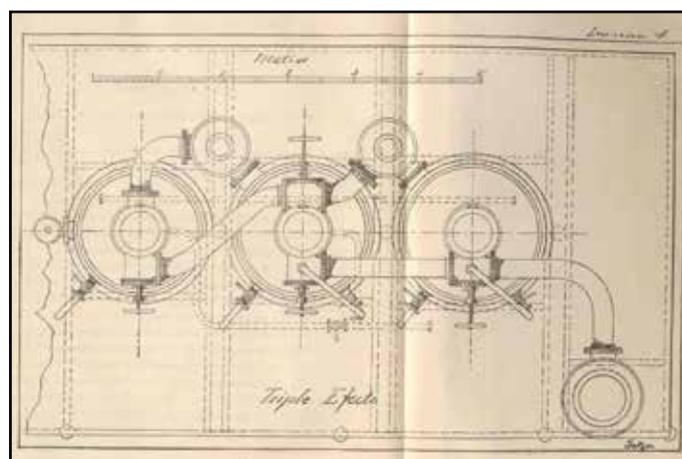


Figura N° 4

#### 4. ¡PRODUCIENDO AGUA DULCE!

Las necesidades de eficiencia en la evaporación (calor suministrado), así como la de evitar que el azúcar se “caramelice” o “queme”, posteriormente supondrán un avance en el desarrollo de la desalación de agua de mar como solución al suministro de agua dulce para consumo humano.

De los diferentes adelantos, el primero fue el recipiente calefactor de vapor al vacío. En este primer paso, el calor de condensados no se recuperaba.

El siguiente fue la invención del “**multiefecto evaporación**”. Durante ciento cincuenta años se ha venido usando en la industria de la alimentación, productos químicos, tratamiento industrial de aguas, etc.

Hay varios candidatos al honor de su invención, pero todos conectados con la industria azucarera e incluso, relacionados con alguna otra.

El orden es el siguiente:

Patente	RESPONSABLE	Año
US PATENT 5394	WILLIAM CLELAND	1826
FRENCH PATENT XX	DEGRAND	1833
FRENCH PATENT 6886	PECQUER	1834
ENGLISH PATENT 7028	DEROSNE	1836

El aparato de Degrand era usado como precalentador mas que como evaporador y no se recuperaba el condensado. En Cuba llega a existir uno capaz de hervir 13.205 galones imperiales en 24 horas.

El diseño de Pecquer es difícil, no existe registrado que se construyese alguno.

El diseño Derosne con el evaporador Degrand se emplea en algunas plantas que resultan demasiado voluminosas e ineficaces.

#### ...Y llegamos a RILLIEUX

Nace en Nueva Orleans en 1806. Es primo del pintor Edgar Degas. En 1833 ve las posibilidades del **multiefecto bajo vacío**. Contacta con Pecquer y con Derosne. En 1834 retorna a Luisiana y experimenta con el diseño del evaporador. Obtiene las siguientes patentes:

Patente	Característica	Año
US PATENT 3237	DOS EFECTOS	1843
US PATENT 4879	TRES EFECTOS	1846

Esta última se propaga por el Caribe, usándola trece factorías.

#### 5. LA BIOMASA Y SU USO DESDE EL SIGLO XIX: “EL BAGAZO VERDE COMO COMBUSTIBLE”

El residuo de la caña de azúcar molida en el **trapiche**, se conoce como bagazo y contiene generalmente:

- 25 - 40% fibra
- 6 - 9% azúcar
- 54 - 66% agua

Antes de introducirlo en el hogar de la caldera, se le quita de 8 a 9/10 de su humedad al sol, desapareciendo su azúcar por fermentación. Este azúcar es un excelente combustible y sería casi suficiente para evaporar el agua en que se halla disuelto.

Es decir, secándolo al sol estamos “destruyendo más combustible”, probablemente, del necesario para secarlo artificialmente, incluyendo el que se pierde en las diferentes manipulaciones.

En 1888 llega la solución mediante el aparato automático **Cook**.

De repente, el bagazo tiene suficiente poder calorífico (valor combustible) para el refinado del azúcar, y no se necesita combustible auxiliar.

George H. Babcock nos dice en su manual de calderas, que ya en 1891 - 1892 se alcanzan los 40 hornos “Cook” que diariamente y, de forma automática, queman el bagazo de 15.000 toneladas de caña.

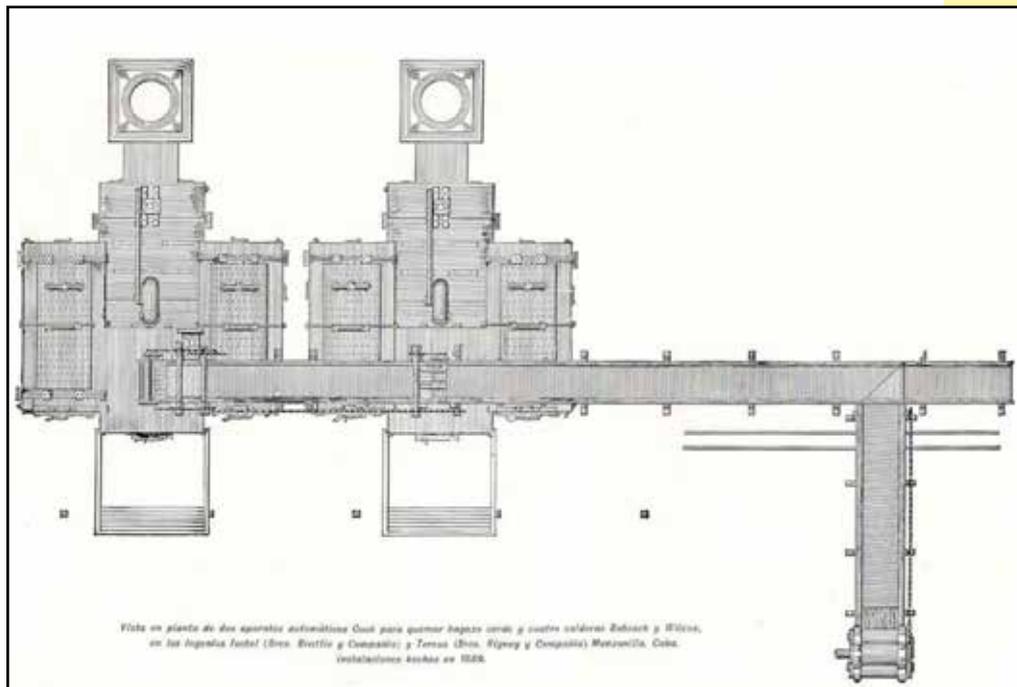
En el “**Ingenio Central Senado**” el número de obreros se reduce de 250 a 60. La amortización se realiza en una cosecha.

Aparecen diferentes clases de hornos para quemarlos: “Godillot”, “León Marie” y “Blondín”.

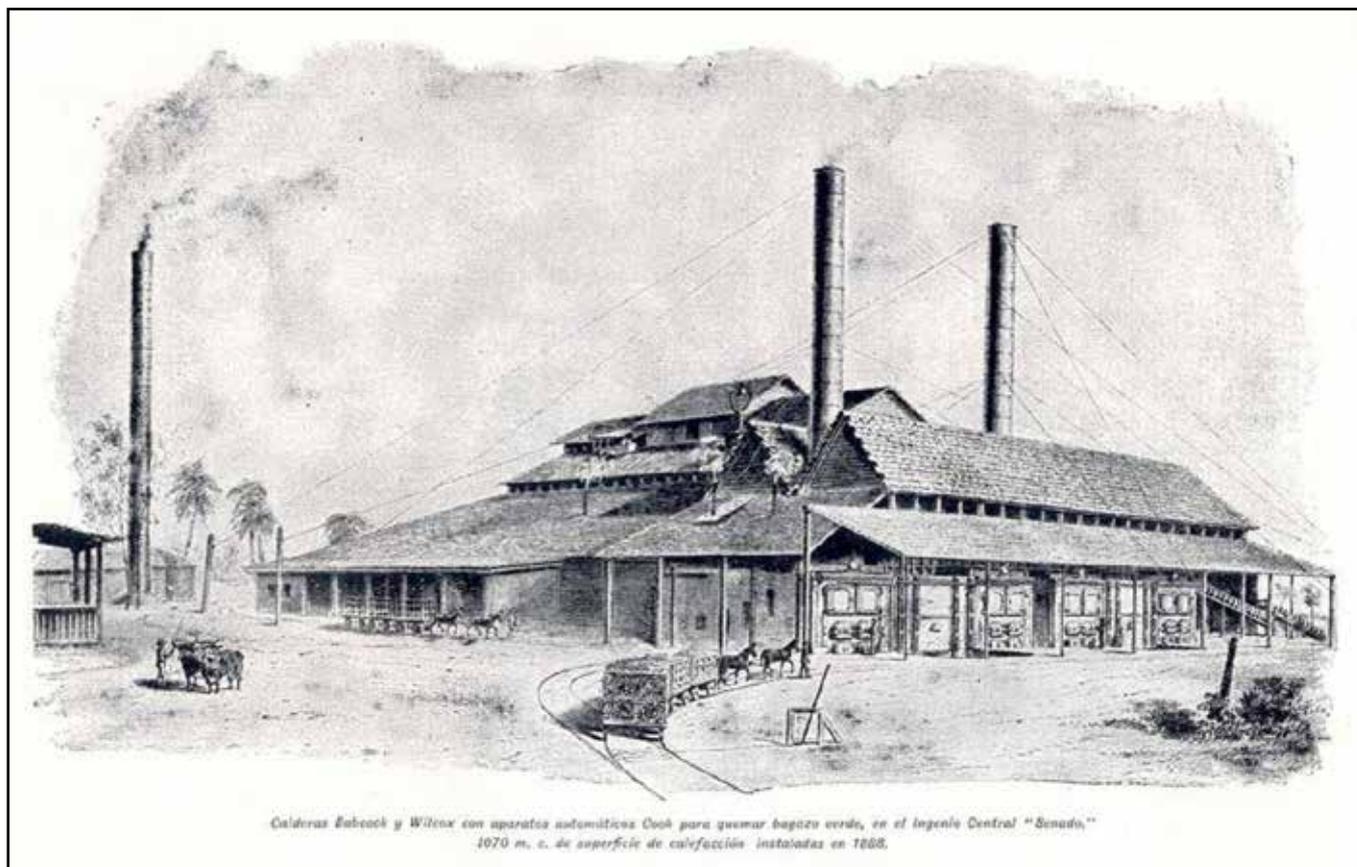
En el año 2001, Ghassan Ejeh, presidente ese año de IDA (International Desalination Association), da la conferencia: “Desalación, una nueva fuente de agua disponible” donde expone:

“...Los esfuerzos para mejorar la eficiencia de evaporación en la producción de azúcar de caña desde los jugos de caña (guarapo) llevan a un

gran avance en la utilización de la energía en los procesos de desalación a partir de 1840.”



**Figura N° 5:** Vista en planta de dos aparatos automáticos Cook para quemar bagazo verde y cuatro calderas Babcock y Wilcox, en los Ingenios Isabel (Sres. Beattie y Compañía) y Teresa (Sres. Rigney y Compañía) Manzanillo. Cuba. Instalaciones hechas en 1889.



**Figura N° 6:** Calderas Babcock y Wilcox con aparatos automáticos Cook para quemar bagazo verde, en el Ingenio Central "Senado", 1070 m. c. de superficie de calefacción instaladas en 1888.

# El Aprendizaje de Profesionales de Mantenimiento Industrial Mediante Eventos Kaizen



F. Javier Cárcel Carrasco  
Universidad Politécnica de Valencia



José Grau Carrión  
Director de Ingeniería Grupo Martínez Loriente S.A.

## RESUMEN

**L**as plantas industriales dependen en gran medida de la adecuada disponibilidad de sus activos físicos que redundan en su productividad. El personal dedicado a esta misión requiere de conocimientos técnicos basados en su experiencia durante años y con un alto componente de conocimiento tácito. En este artículo se muestran las posibilidades de la realización de eventos Kaizen en entornos industriales, como forma de aprendizaje y transmisión del conocimiento del personal operativo técnico en sus actividades en el entorno industrial que implica una continua mejora y eficiencia del servicio prestado.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los técnicos y operarios del mantenimiento industrial requieren de conocimientos técnicos muy específicos, un alto requerimiento de experiencia del personal que lo desenvuelve con un alto componente de conocimiento tácito, y con poca tradición en transcribir las experiencias que se producen, estando en un entorno específico muy técnico con complejas instalaciones que requieren un alto conocimiento que normalmente se adquiere con la experiencia en el entorno de trabajo durante largo tiempo (Ver Fotos N° 1 y N° 2). El adecuado sistema de aprendizaje y su gestión del conocimiento con la aplicación del conocimiento adquirido en las actividades rutinarias

de mantenimiento en la empresa, y su mejora, puede ser observado como un factor o proceso importante que puede influir positivamente en diversas acciones que afectan estratégicamente a toda la empresa, tales como (Cárcel, 2010):

- Experiencia y conocimiento en la resolución de averías.
- Conocimiento para actuar ante acciones de emergencia.
- Conocimiento del entorno.
- Ver oportunidades de nuevas acciones.
- Planificación del mantenimiento.
- Marcar prioridades de inversión, fiabilidad y eficiencia energética.
- Optimizar recursos técnicos.
- Optimización económica.
- Mejora de la fiabilidad y tiempos de respuesta operativa.

Una continua reducción de errores y mejora en el aprendizaje en las actividades estratégicas de mantenimiento, implica una continua mejora de la calidad del servicio prestado, significando costos cada vez más bajos, menos reproceso en la fabricación, menos desperdicio de materiales, de tiempo de equipos, de herramientas y de esfuerzo humano.



Fotos N° 1 y N° 2: Instalaciones industriales donde se requiere un alto grado de aprendizaje y conocimiento.

Es preciso observar los mecanismos de creación y transferencia de conocimiento entre este personal de oficios operativos que forman una organización específica dentro de la empresa (Ajmal & Koskinen, 2008; Chu & Goh, 2008), que produzca innovación en la forma de aprender y observar la productividad desde una perspectiva humana (Gonzalez & García, 2010; Márvel et al., 2011), y que promueva una organización que aprende (Nonaka, 1994, Pauleen, 2009).

Según estudios realizados entre profesionales operativos de entornos industriales, se evidencia que las características óptimas para su formación y aprendizaje debe estar basado en la acción in-situ, de manera que pueda capturarse y transmitirse el conocimiento tácito tan presente en estos profesionales (Cárcel, 2014a, 2013). Los eventos Kaizen pueden ser una herramienta valiosa para el aprendizaje de dichos operarios.

## 2. LOS EVENTOS KAIZEN COMO FORMACIÓN EN LAS PROFESIONES DE OFICIO

Existe una amplia variedad de cómo se comprende y se aplica el Kaizen dependiendo de las características de la organización y de cómo definen el Kaizen (Brunet et al., 2003). Los eventos Kaizen pueden ser una herramienta para el aprendizaje de dichos operarios, aunque normalmente son utilizados en los círculos de calidad, y cuyo origen parecen estar en la segunda guerra mundial (Huntzinger, 2002).

Los Kaizen tienen un efecto que motiva a aprender entre los empleados según avalan diversos estudios empíricos en la industria manu-

facturera japonesa (Cheser, 1998; Brunet et al., 2003), siendo extrapolable su filosofía a la cultura industrial occidental (Aoki, 2008), si se aplican sus principios básicos.

Con la realización de eventos Kaizen como forma de aprendizaje y formación en entornos industriales, se da un paso importante en la organización hacia la resolución o mejora de diversos procesos, reconociendo que existe un problema o una actividad ineficiente, existiendo un potencial para su mejora (Manos, 2007; Ortiz, 2009).

La aplicación del Kaizen, que sirva para el aprendizaje del personal operario en un entorno industrial, consiste básicamente en cuatro pasos que conforman un proceso estructurado, a saber:

- Verificación de la misión: planeamiento estratégico.
- Diagnóstico de la causa raíz: identificación y diagnóstico de problemas que sirvan para aprender.
- Solución de la causa raíz, y que sirva de base para la formación de otros miembros de la organización.
- Medición y mantenimiento de resultados, para que sirva como aprendizaje de otros operarios.

Una vez que se ha logrado cumplir con estos cuatro pasos, y se ha conseguido mejorar en cuanto a la eficiencia del servicio prestado, se debe proceder a buscar nuevos objetivos que permitan reiniciar el proceso, realizando esto de manera fluida y continua en cada área. Cada vez

que se logra finalizar el proceso, es decir cuando se llega al paso de mantenimiento de resultados, resulta oportuno que se recompense al equipo involucrado en la mejora. Dicha recompensa debe ser proporcional al logro alcanzado.

En la definición del evento, se deben clarificar las siguientes preguntas básicas, que marcan la visión general:

- ¿Cuál es el problema? (Propósito).
- ¿Por qué hoy? (Importancia).
- Límites del evento (Alcance).
- ¿Cuál será la métrica a usar? (Medición).
- ¿Cuáles son las metas? (Decisiones).
- Participantes (Recursos).

Para la obtención del éxito en los eventos Kaizen organizados, se ha de basar en ciertas premisas básicas:

- Implicación de las personas: Es vital la implicación del personal operativo y la dirección como fase fundamental, basada en una formación y concienciación inicial, así como la rotura de barreras que se pudieran producir.
- Centrarse en el problema a solucionar, o medición del factor a cuantificar: Se debe observar con claridad cuál es el problema a resolver, centrandolo en su resolución o mejora, observando los resultados por los participantes, motivando al equipo que puede ver los resultados.
- Promoción de la participación: Debe ser promovida desde la motivación de todos los empleados implicados en el proceso a mejorar.
- Comunicación: Los resultados deben ser compartidos por todos, y deben estar integrados en la plataforma de gestión del conocimiento que ayude a aprender a toda la organización, perdiendo el miedo al cambio y compartir el conocimiento con el resto de áreas.

Normalmente, los procesos de innovación suponen cambios tecnológicos productivos y administrativos con un coste muy relevante. Por el contrario, mediante eventos Kaizen, con técnicas sencillas y de bajo impacto económico, se pueden conseguir resultados apreciables en toda la organización de mantenimiento, y colateralmente y de manera exponencial, en toda la empresa. La

metodología usada para pasar de la oportunidad al proyecto se basó principalmente en eventos Gemba Kaizen. Estos eventos son la base para poner en marcha los principios del pensamiento “Lean” en las organizaciones. Consisten en una serie de acciones que se realizan sobre el terreno en el transcurso de pocos días. La finalidad es alcanzar rápidamente un objetivo cuantitativo de mejora, con resultados medibles, relevantes y sostenibles en el tiempo. “Gemba Kaizen” es una expresión japonesa construida a partir de los términos “Gemba” (lugar de trabajo) y “Kaizen” (mejora). Los eventos Kaizen, para conseguir los objetivos, se centraron en tres pasos concéntricos: la formación y concienciación de las acciones estratégicas de mantenimiento industrial, el paso de afianzar las metodologías, y por último, los eventos para la medición y cuantificación de resultados.

Los eventos Gemba Kaizen que se realizaron involucrando al personal de mantenimiento en las diversas zonas operativas donde actúa dicha organización en la empresa, perseguían los siguientes objetivos principales en base a su propio aprendizaje y mejora de sus procesos:

- a) Para la preparación y concienciación de la organización de mantenimiento, para utilizar plataformas de gestión de conocimiento con el fin de captar el conocimiento estratégico y compartirlo con el resto de miembros.
- b) Como medio de mejora en las actividades estratégicas del mantenimiento industrial (fiabilidad, mantenibilidad, eficiencia energética y operación /explotación), así como medición de dicha mejora, cotejándolo con datos anteriores a la introducción de modelos de gestión del conocimiento y auto-aprendizaje del personal.

En un contexto de negocios, esto incluye todas las actividades individuales y de grupo que permiten hacer un proceso mejor y satisfacer los requerimientos del cliente final (en este caso los propios departamentos de la empresa), para mejorar de una manera constante (Deming, 1989), y encontrar los caminos específicos para lograr dichas mejoras.

Para mejorar los procesos de aprendizaje y gestión de conocimiento dentro de la actividad de mantenimiento, son adecuados los Kaizen, planteándolos como sistemas de planeación de eventos para identificar qué procesos sistemá-

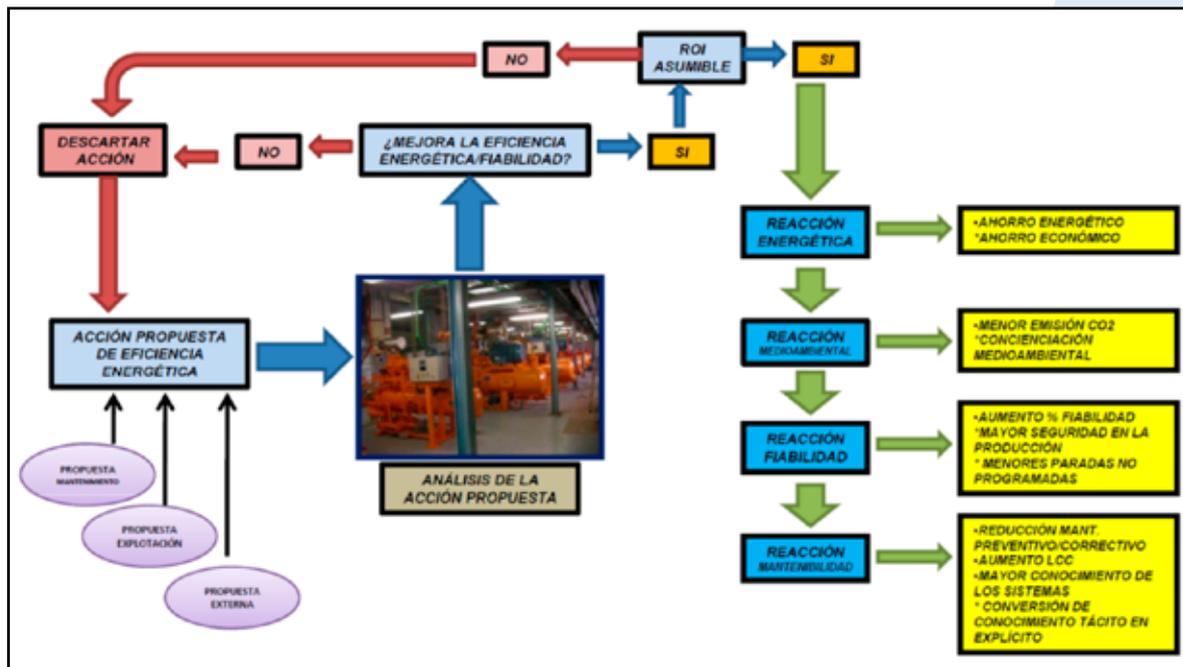


Figura N° 1: Diagrama de acciones y reacciones ante propuestas de un evento para mejorar la eficiencia energética de unas instalaciones de frío industrial.

ticamente ocultan desperdicios y eliminarlos. Para ello, los eventos deben programarse hacia acciones que promuevan la participación y resolución de acciones que produzcan un nuevo conocimiento; extrayendo las mejores conclusiones que sirvan para el aprendizaje de toda la organización de mantenimiento como, por ejemplo, las actuaciones o reacciones ante mejoras energéticas, averías o fallos críticos en las instalaciones y equipamientos de la empresa, visionando las reacciones producidas para la mejora de la productividad o eficiencia de las instalaciones de la empresa (Ver Figura N° 1).

Los eventos Kaizen como base para el aprendizaje deben desarrollarse en base a problemas bien definidos; identificado fuentes obvias de desperdicio o mejora de las actividades o procesos; teniendo en cuenta que los riesgos de implantación sean mínimos; y buscando resultados y metas de mejora, con la total implicación de los órganos de dirección de mantenimiento y de la empresa.

Las fases de un evento Kaizen como base para el aprendizaje y mejora de los procesos del mantenimiento son:

1. Planeación y preparación: Definición y evaluación del alcance del evento, personal a participar y programación del evento.
2. Implantación (evento Kaizen): entrenamiento y

comienzo del evento por parte de los participantes. Verificación de los resultados.

3. Comunicación y seguimiento: Revisar resultados, extrapolar y explicitar las acciones en la plataforma de conocimiento de la organización del mantenimiento, con los resultados y las mejores lecciones y experiencias aprendidas.

El objetivo de los eventos Kaizen es realizar cambios inmediatos por medio de actividades bien organizadas de corta duración; formando al personal en la resolución de problemas o mejoras de procesos (Ver Figura N° 2); permitiendo el aprendizaje y formación del personal; proporcionando un fundamento de análisis que acelere cambios y mejoras en los procesos estratégicos, misión de mantenimiento; involucrando a todos sus miembros y generando un ambiente propicio al cambio, que supone el introducir metodologías de gestión del conocimiento y aprendizaje en un tipo de organización que tradicionalmente funciona en base al conocimiento tácito, implícito en los operarios de la organización.

Los participantes son miembros de la organización de mantenimiento de la empresa, así como los gestores de conocimiento en mantenimiento nombrados, quienes se involucran durante la apertura del evento Kaizen, en la revisión de los hallazgos y finalmente evaluando los resultados obtenidos.

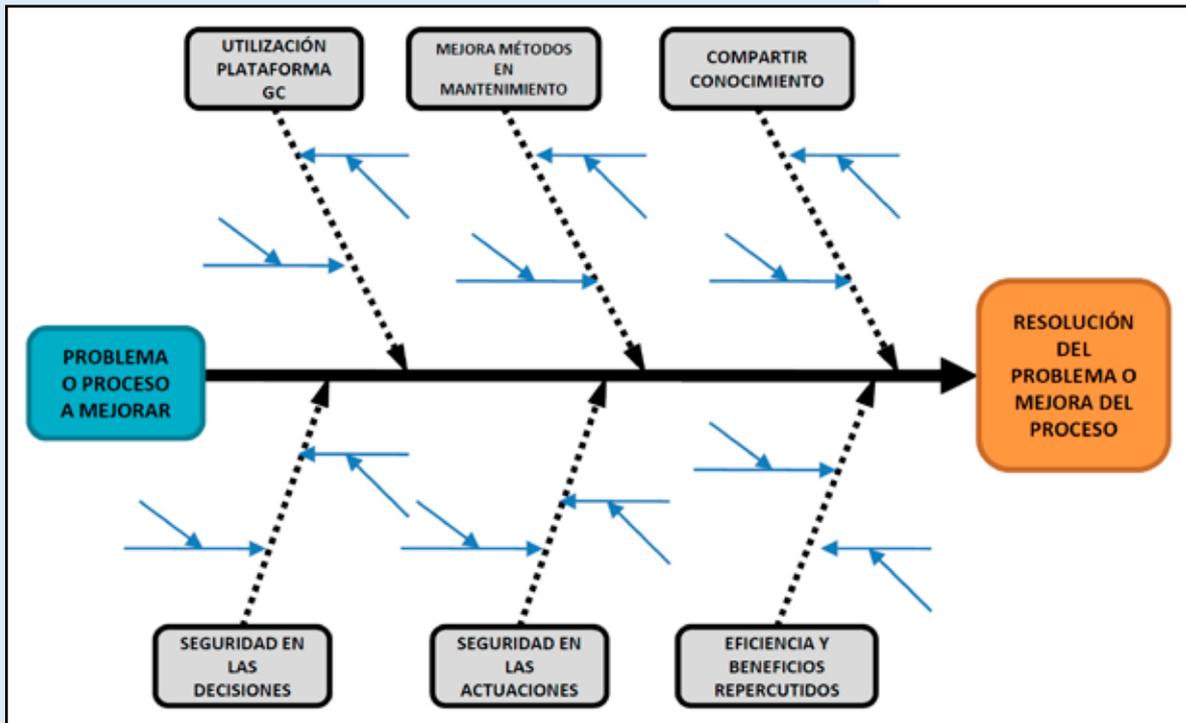


Figura N° 2: Estructura de los procesos ante actuaciones mediante diagrama de Ishikawa.

### 3. LOS EVENTOS KAIZEN REALIZADOS COMO BASE PARA EL APRENDIZAJE EN UNA PLANTA INDUSTRIAL

Al aplicar los eventos Kaizen como método de formación del personal operativo, así como para la mejora de los procesos que realizan en la organización, se plantea inicialmente la referencia de cómo se encontraba antes de la realización de la misma, con lo que se recaba toda la evidencia posible (tanto de tipo cualitativo como cuantitativo) en el período previo a su desarrollo, que para la presente investigación consiste en datos anteriores a enero de 2010, así como de las acciones derivadas del análisis realizado durante los eventos programados en el desarrollo del Kaizen.

Los eventos Kaizen que se programen deben tener dos misiones principales con la finalidad de cuantificar los beneficios de emplear un modelo de gestión del conocimiento aplicado al mantenimiento industrial, que mejorará de manera significativa las actividades estratégicas que realiza el departamento de mantenimiento:

a) Preparar y concienciar a todo el personal de mantenimiento en un modelo de gestión de conocimiento, con el fin de captar y transmitir el conocimiento estratégico entre todos los miembros de la organización.

b) Utilizar los eventos como herramienta de medición y recopilación de datos que permita cuantificar la mejoría de diversas acciones, por una gestión eficiente del conocimiento. Para ello, y con el fin de tener una comparativa fiable, en alguno de esos eventos, se comparó grupos que aplicaban sistemas de trabajo tradicionales con respecto a otros grupos formados en la utilización de plataformas de gestión del conocimiento.

Algunos ejemplos de planteamiento de eventos se pueden ver en la Tabla N° 1, donde se indica la identificación del problema, el objetivo a conseguir, el personal interviniente y la duración del evento.

En todos los eventos debería participar el gestor de conocimiento de mantenimiento, nombrado para llevar a cabo el modelo en la organización (y que debe pertenecer y conocer la propia organización de mantenimiento).

Los resultados obtenidos con los eventos Kaizen realizados como forma de aprendizaje del personal de mantenimiento de la empresa, se considerarán para tres fines principales:

a) Como medio para fomentar las mejores prácticas y las experiencias anteriores de los operarios, con el fin de preparar una organización

EJEMPLOS DE EVENTOS KAIZEN					
Nº	EVENTO PROPUESTO	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO	PERSONAL INTERVINIENTE	DURACIÓN
1	Mejora en la eficiencia ante acciones de mantenimiento preventivo y correctivo.	Acciones de mantenimiento preventivo y correctivo, basada en acciones anteriores. Tiempo de ejecución ineficiente. Dependencia de los empleados con experiencia.	Mejora en los procesos de mantenimiento basado en las mejores experiencias del resto de los compañeros, a partir de la utilización de un modelo de gestión del conocimiento.	4 operarios de mantenimiento que han utilizado la plataforma de gestión del conocimiento.	Un día durante una sesión de cuatro horas.
2	Análisis de fallos críticos instalación refrigeración industrial.  Análisis de fallos instalación eléctrica alta tensión.	No se tienen identificados los fallos críticos, diagramas de acciones ante su actuación, así como identificación del análisis de criticidad de diversas instalaciones con un alto factor de incidencia sobre las funciones de la empresa.	Identificar los fallos críticos posibles de una gran instalación, marcar tendencia para su eliminación, y documentar los procesos para su rápida actuación por parte de los operarios, en el caso de su incidencia	4 jefes de área de mantenimiento, con apoyo del coordinador de gestión de conocimiento en mantenimiento.	Durante cuatro días, con sesiones de tres horas.
3	Reducción de las tasas de fallos en las líneas de producción.  Maniobras en interruptores de alta tensión ante un disparo.	Elevada tasa de paro de las líneas de producción por fallos o paradas fortuitas.	Aumentar la relación marcha/paro en las líneas de producción.  Medir los tiempos de actuación, ante una acción crítica definida (disparo de interruptores de alta tensión).	Todo el personal perteneciente al grupo de mecánicos productivos.  Ocho operarios de mantenimiento de las áreas de instalaciones, cuatro que han utilizado con asiduidad el contenedor de conocimiento, y cuatro que continuaban con las técnicas tradicionales	Durante dos días en sesiones de cuatro horas. Medición de mejora tras periodos de 6 meses.

Tabla Nº 1: Eventos propuestos en la organización de mantenimiento.

de mantenimiento en las técnicas de gestión del conocimiento, que permita socializar toda la información y conocimiento estratégico que tiene la organización de mantenimiento, para su transferencia y utilización entre todos los miembros.

- b) Como medio de aprendizaje, y captación de nuevos métodos y estrategias de trabajo focalizadas hacia el conocimiento de diferentes actividades estratégicas.
- c) Como medio de medición de las bonanzas o barreras en la transferencia del conocimiento y el análisis cuantitativo y cualitativo que se detecta con ello.

A nivel cualitativo, con estas metodologías se infunde entre el personal de mantenimiento industrial, numerosos efectos que afectan a toda la organización (Cárcel 2014a; 2014b):

- Un efecto multiplicador en el conocimiento adquirido, por absorción de las mejores experiencias y prácticas de trabajo relevantes del resto

de los compañeros.

- Un aumento en la seguridad en la realización de los trabajos y decisiones ante averías por los miembros operativos de mantenimiento.
- Mayor integración del trabajo en grupo, rompiendo en gran medida las barreras individualistas, característica típica de la mayoría de las organizaciones de mantenimiento.
- Una mayor implicación del personal, por la relevancia de introducir sus propias experiencias de manera adecuada y utilizar las de sus compañeros.
- Reducción del estrés de los supervisores y jefes de mantenimiento, por quitar el nivel de “imprescindibles”, en todo momento.
- Reducción de la dependencia de la empresa respecto a empleados considerados “insustituibles”, por el conocimiento estratégico manejado de manera tácita.

Así como otros intangibles como son la mejora

en los procesos de trabajo en grupo, mayor implicación y motivación de los operarios, concienciación de las acciones e importancia de la eficiencia energética.

#### 4. CONCLUSIONES

El presente artículo pretende mostrar la incidencia del uso de eventos Kaizen para el aprendizaje, así como para fomentar la adecuada gestión del conocimiento en su aplicación directa en los departamentos de mantenimiento de una empresa de tipo industrial, donde existe un alto componente de experiencia y conocimiento tácito que está implícito en la mayor parte de sus acciones,

y que dificulta su transferencia. Además, el artículo ayuda a las empresas a identificar los elementos y procesos claves para poder mejorar sus servicios de mantenimiento y facilitar la extensión de la misma a todas las áreas de la empresa, fomentando el aprendizaje de toda la organización.

Como beneficios no tangibles que se obtienen en el equipo humano, se observa la mejora en los procesos de trabajo en grupo, mayor implicación y motivación de los operarios, concienciación en las acciones e importancia de la eficiencia energética, y mayor sentido de la seguridad ante decisiones y acciones no cíclicas por parte de los operarios de mantenimiento.

#### REFERENCIAS

- Ajmal, M.M.; Koskinen, K.U. (2008). Knowledge transfer in project-based organizations: an organizational culture perspective. *Project Management Journal*, 39(1): 7-15. <http://dx.doi.org/10.1002/pmj.20031>.
- Aoki, K. (2008) Transferring Japanese Kaizen activities to overseas plants in China, *International Journal of Operation & Production Management*, 28, No. 6, pp. 518-539.
- Brunet, A.P.; New, S. (2003). Kaizen in Japan: an Empirical Study. *International journal of Operations & Production Management*, 23, No. 12, pp. 1426-1446.
- Cárcel, F.J; Roldán, C. (2013). Principios básicos de la Gestión del Conocimiento y su aplicación a la empresa industrial en sus actividades tácticas de mantenimiento y explotación operativa: Un estudio cualitativo. *Intangible capital*. 9 (1):91-125. <http://dx.doi.org/10.3926/ic.341>.
- Cárcel, J. (2010). Aspectos estratégicos del mantenimiento industrial relativos a la eficiencia energética, Artículo 1er Congreso de dirección de operaciones en la empresa, 25 y 26 de Junio, Madrid 2010.
- Cárcel Carrasco, Francisco Javier. (2014a). "La gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial: Investigación sobre la incidencia en sus actividades estratégicas". *Omnia Science*, 2014. ISSN 978-84-941872-7-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.3926/oms.197>.
- Cárcel Carrasco, Francisco Javier. (2014b). "Planteamiento de un modelo de mantenimiento industrial basado en técnicas de gestión del conocimiento". *Omnia Science*, 2014. ISSN 978-84-941872-8-5. DOI: <http://dx.doi.org/10.3926/oms.198>.
- Cheser, R. (1998). The Effect of Japanese Kaizen on Employee Motivation in US Manufacturing. *The International Journal of Organizational Analysis*, 6, No. 3, pp. 197-217.
- Chua, A.Y.K.; Goh, D.H. (2008). Untying the knot of knowledge management measurement: a study of six public service agencies in Singapore. *Journal of Information Science*, 34(3): 259-274. <http://dx.doi.org/10.1177/0165551507084139>.
- Deming, W. E. (1989). *Calidad, productividad y competitividad. La salida de la Crisis*. Ediciones Díaz de Santos, S.A. México.
- González, R.; García, A. (2010). Innovación abierta: Un modelo preliminar desde la gestión del conocimiento. *Intangible Capital*, 7(1): 82-115. <http://dx.doi.org/10.3926/ic.2011.v7n1.p82-115>.
- Huntzinger, J., (2002). The Roots of Lean.Training Within Industry: The Origen of Kaizen, *Association for manufacturing Excellence*, 18, N°2.
- Manos, A. (2007). The benefits of Kaizen and Kaizen events. *Quality Progress*, 40, No. 2, p. 47.
- Márvel, M.; Rodríguez, D.; & otros. (2011). La productividad desde una perspectiva humana: Dimensiones y factores. *Intangible Capital*, 7(2): 549-584. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3926/ic.2011.v7n2.p549-584>.
- Nonaka, I. (1994). A dynamic theory of organizational knowledge creation. *Organizational Science*, 5(1):14-37. <http://dx.doi.org/10.1287/orsc.5.1.14>.
- Ortíz, C. (2009). *Kaizen and Kaizen event implementation*. Prentice-Hall, New York.
- Pauleen, D. (2009). Personal knowledge management: putting the "person" back into the knowledge equation. *Online Information Review*, 33(2): 221-224. <http://dx.doi.org/10.1108/14684520910951177>.
- Peluffo, M., Catalán, E. (2002). *Introducción a la gestión del conocimiento y su aplicación al sector publico*. Ed. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación.

# “E3M” Como Ventaja Competitiva: “Effective Maintenance Management Model”



Felipe Quintana Navarro

Profesor IE  
Business School de Madrid

## 1. INTRODUCCIÓN

Existen numerosos artículos y bibliografía relacionados con el mantenimiento en las plantas de producción y los tipos de mantenimiento existentes, pero poco se ha hablado del mantenimiento como herramienta de gestión, y de las decisiones estratégicas relacionadas con la gestión de mantenimiento. Por eso, este artículo tiene como objetivo reflexionar en cómo una óptima gestión de mantenimiento se puede convertir en una ventaja competitiva para las empresas manufactureras.

La realidad de muchas empresas con fábricas o plantas de producción es que se encuentran en un “eterno mantenimiento correctivo” y no encuentran salida o formas de avanzar, o bien implantan acciones puntuales enfocadas exclusivamente a atacar problemas concretos en el corto plazo, sin poder tener una visión global y de gestión sobre la importancia de un mantenimiento efectivo.

## 2. LEAN MANUFACTURING

Podemos decir que la gestión efectiva de mantenimiento se encuentra inmersa dentro de un plan mucho más ambicioso que están afrontando las empresas manufactureras en el camino a la eficiencia. Se trata del “*Lean Manufacturing*”, que es una filosofía de trabajo que nació en el seno de la empresa manufacturera de automoción japonesa Toyota, a través del **TPS** (Toyota Production System), y que busca la generación del máximo valor para el cliente con el mínimo de desperdicios, entendiendo desperdicio como

todo aquello que no genera valor, como son los movimientos innecesarios, sobre stock, errores, paradas en la línea de producción, averías, defectos de calidad en la producción, etc.

Dentro del Lean Manufacturing existen varias herramientas relacionadas directamente con el mantenimiento como son el TPM (Total Productive Maintenance), el cual busca el triple cero (cero averías, cero defectos y cero accidentes) mediante un desarrollado plan de mantenimiento que afronta los tres tipos de mantenimiento: correctivo, preventivo y predictivo.

Otra herramienta del Lean Manufacturing que tiene estrecha relación con la gestión de mantenimiento efectivo es “*Total Quality Management*” o gestión de la calidad total, que busca un concepto de calidad integral con la implicación de todo el personal, a través de círculos de calidad multidepartamentales y del compromiso obrero. Así, la implicación en la calidad de todos los estamentos de la organización hace que, ante defectos o averías, sea todo el personal el que se implique en la resolución de las mismas y además en su prevención para evitar que dichos defectos o errores se vuelvan a producir.

## 3. HACIA EL MODELO E3M: LA VISIÓN DE LOS IMPLICADOS EN EL MODELO TRADICIONAL Y EN EL MODELO E3M

La gestión efectiva del mantenimiento no es algo exclusivo del personal responsable del mantenimiento de las diferentes máquinas que componen los procesos productivos, ni siquiera del

departamento de operaciones (en el que normalmente está inmerso el personal de mantenimiento). La gestión efectiva del mantenimiento es tarea de “toda la organización” y, a continuación, se mencionan la implicación que tienen los diferentes protagonistas de las empresas a la hora de intentar conseguir implantar un modelo de eficiencia en la gestión del mantenimiento; y que esa filosofía de trabajo quede inmersa en el ADN de la empresa para huir del modelo: “yo opero, tú reparas” para ir hacia el concepto: “el mantenimiento es crucial y es tarea de todos”.

Por ello, en este artículo se habla del modelo: E3M, que quiere decir en sus siglas en inglés: Effective Maintenance Management Model.

En la Tabla N°1 se puede observar la visión de los diferentes implicados con el modelo de mantenimiento tradicional, comparado con el cambio cultural que representa ir hacia el modelo E3M.

#### 4. PLAN DE ACCIÓN INTEGRAL EN TODA LA ORGANIZACIÓN DEL MODELO E3M

De acuerdo a esta tabla, se puede establecer un plan de acción integral en el que el rol de los diferentes implicados en la gestión eficiente del mantenimiento se resume en este plan de acción hacia el modelo E3M:

##### • Dirección General:

- Tomar consciencia de que la gestión eficiente de mantenimiento no es un coste, sino una inversión.
- Evaluar con el departamento financiero el impacto del plan en el balance y en la cuenta de resultados de la organización.
- Apoyar y promover constantemente acciones que vayan encaminadas hacia una gestión efectiva del mantenimiento.

Implicado	Visión de Política de Mantenimiento tradicional	Visión: E3M: Effective Maintenance Management Model
Dirección General	Veo todo lo que tiene que ver con el mantenimiento como un coste. No sé cómo mejorar el rendimiento de mis líneas y las averías constantes que se producen. Cuando visito las líneas no veo más que micro paradas constantes y desorganización.	Todo € invertido en una eficiente gestión de mantenimiento es una inversión. Me implicó en ir hacia la eficiencia en la gestión del mantenimiento y eso redundó en un mayor rendimiento de las líneas, menores costes y un beneficio para la empresa.
Dirección de Operaciones	Lo importante es producir. No tengo tiempo para hacer preventivo. No tengo el control de la situación y me siento perdido. Estamos todo el día apagando fuegos. No siento que tenga el equipo adecuado, y aunque a veces programo mantenimiento preventivo, lo cierto es que no siempre se hace.	Como responsable de operaciones velo porque el mantenimiento sea efectivo: trabajo de forma programada y con visión de futuro, dedicando los recursos de los que dispongo a mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo. Cuento con los fabricantes de las maquinarias de las líneas de producción para hacer los preventivos; y además con empresas expertas en predictivo para medir los parámetros adecuados.
Operarios:	Yo opero, otro repara. El mantenimiento no es trabajo mío, y me limito a avisar cuando hay una avería.	Yo soy responsable de mi equipo. Efectúo la limpieza y mantenimiento diario del equipo. Informo ante cualquier anomalía. Realizo sugerencias. Intervengo en la resolución de averías, incluso aunque no sean de mi máquina. Soy proactivo y estoy comprometido con la mejora de los rendimientos de la línea y con la disminución del número e impacto de las averías. Busco cero averías, cero defectos y cero accidentes.
Personal de Mantenimiento	Mi misión es reparar averías una vez se han producido. “Voy apagando fuegos en un eterno correctivo”. Dedico el 100% de mi tiempo a correctivo. No trabajo de forma ordenada, sino quedo a merced de las averías constantes. No hay tiempo para preventivo y mucho menos para predictivo.	Destino parte de mi tiempo a preventivo y correctivo. Soy ordenado y disciplinado. Trabajo de forma programada y llevo registro de todas las incidencias producidas para actuar de forma preventiva y predictiva.
Dirección de RRHH	No llego a entender la importancia del mantenimiento en la organización. Existe alta rotación y percibo que los empleados están desmotivados y que cada uno hace la guerra por su cuenta y se limita a su puesto de trabajo. Noto que existe una visión departamental y no integradora, ni de coordinación entre los implicados en los aspectos de mantenimiento.	Trabajo en perfecta coordinación con el responsable de operaciones en la descripción de los puestos de trabajo y en la selección del personal adecuado para desempeñar esos puestos. Existe un plan de comunicación para implantar la filosofía E3M en el ADN de la empresa y en que los trabajadores estén comprometidos y motivados para llevar a cabo el plan de acción de esta filosofía. Tenemos planes de formación adecuados y un sistema de incentivos que promueve esa motivación.
Control de Gestión	No tenemos establecido indicadores adecuados para la gestión del mantenimiento y de las averías. Sé que existen numerosas microparadas y averías constantes, pero no tenemos el control ni la medición de qué representa este sistema de trabajo tradicional.	Tenemos indicadores. Comunicamos la evolución de los mismos y tenemos el control de la situación. Tenemos unos objetivos y, ante desviaciones de los indicadores, establecemos planes de acción para mejorar. Trabajo en coordinación con la Dirección General y con Dirección de Operaciones para establecer nuevos indicadores y nuevos objetivos exigentes, pero alcanzables.

Tabla N° 1

- Seguir los indicadores establecidos por el departamento de Control de Gestión para verificar que el plan de acción se está llevando a cabo.
- Promover el trabajo en equipo hacia el E3M y el establecimiento de equipos multidisciplinares para abordar las problemáticas existentes, e ir hacia modelos de Lean Production y Total Quality Management.

• **Control de Gestión:**

- Establecimiento de indicadores de gestión sobre el mantenimiento. Ejemplos de indicadores:
  - Número de averías en las líneas de producción.
  - Tiempo perdido en averías (mantenimiento correctivo).
  - Rendimiento de las líneas.
  - Costes asociados a las averías.
- Análisis de los indicadores y de su evolución.
- Valoración económica de la situación de partida y de los ahorros obtenidos por la implantación del modelo E3M.

• **Dirección Financiera:**

- Realizar un estudio del impacto financiero para la organización de las paradas continuas en la línea por una mala gestión del mantenimiento.
- Incorporar a las cuentas de resultado de la empresa y a los balances, las inversiones necesarias en una gestión de mantenimiento efectiva y el retorno de la inversión por las mejoras en el rendimiento de las líneas.
- Determinar los recursos económicos y financieros necesarios para este modelo.

• **Dirección de Operaciones:**

- Gestión de compras de repuestos de maquinaria: es preciso realizar un análisis de los repuestos imprescindibles y de los elementos de desgaste necesarios que hay que disponer en las fábricas para las averías y los mantenimientos rutinarios, de forma que se minimicen los tiempos de averías.
- Gestión de los almacenes de componentes de maquinaria: es preciso una correcta gestión de

estos almacenes para minimizar los tiempos de resolución de averías o de mantenimientos. Los escenarios ideales son aquellos en los que se lleva un control estricto e informatizado de las existencias de componentes y elementos de desgastes y que éstos se encuentran adecuadamente ordenados en los almacenes correspondientes y cercanos a la maquinaria.

- Gestión de fabricantes de maquinaria: solicitar a los fabricantes las listas de repuestos recomendables a tener en nuestro stock de almacenes de repuestos y componentes de maquinaria. Implicar a los fabricantes en la formación a los empleados acerca del correcto manejo y mantenimiento de las máquinas del proceso productivo. Organizar con los técnicos del fabricante de la maquinaria, la realización de los mantenimientos preventivos recomendados. Aprovechar estos mantenimientos por parte del fabricante para realizar formaciones a pie de máquina a los empleados.
- Gestión de proveedores de componentes: los proveedores de componentes, como expertos en dichos componentes, y como conocedores de muchas plantas de producción del ramo, suelen tener una voz importante aportando su visión técnica y conocimiento de los defectos habituales en las máquinas, por lo que es fundamental incorporarlos al proceso y al plan de acción para conseguir el E3M.
- Equipo de mantenimiento: el equipo de mantenimiento debe seguir los planes de mantenimiento establecidos por el fabricante, y además debe ser rico en sugerencias de mejora en el modelo E3M. En empresas con un tamaño relativamente grande y con numerosas máquinas, es preciso disponer de un programa de mantenimiento informatizado y correctamente parametrizado, que permita obtener día a día, las acciones necesarias a llevar a cabo por el personal de mantenimiento y por los operarios.
- Equipo de calidad: se debe huir de la visión del departamento de calidad como un departamento “policía” que está constantemente revisando que se cumplan los parámetros de calidad, para pasar a una visión de gestión de la calidad total, en la que todos los empleados son responsables de la calidad de su trabajo y todos concentran sus esfuerzos en resolver las averías o defectos cuando estos se producen. Esto requiere una implicación de todos.

### • Operarios de las máquinas:

- Se debe formar adecuadamente a los operarios de las máquinas para que conozcan su funcionamiento y las funcionalidades de la máquina con el mayor detalle posible.
- Además el operario debe realizar la limpieza diaria y los mantenimientos más básicos y rutinarios.
- Otra de las funciones principales es la de informar al equipo de mantenimiento y de operaciones ante cualquier anomalía observada antes de que la misma derive en una avería mayor. Es, sin duda, una buena medida que haya varios operarios que conozcan cada máquina en profundidad, de forma que ante eventuales bajas o periodos vacacionales, no se vea mermada la capacidad productiva por desconocimiento del operario sustituto.

### • Responsables de Recursos Humanos:

- Selección de personal: es necesario realizar una selección de personal adecuada a cada puesto de trabajo y “casar” muy bien las exigencias de cada puesto con la formación y las habilidades de cada trabajador. Los puestos específicos de operarios y mantenimiento requieren de mucho rigor, compromiso, disciplina y agilidad, por lo que es fundamental contar con el personal adecuado para cada puesto.
- Descripción de puestos de trabajo: es imprescindible que haya una completa y detallada descripción de los puestos de trabajo en las plantas de producción, de forma que se incorpore a cada puesto las tareas “repartidas” del sistema E3M, y que se sepa lo que se espera de cada trabajador en este modelo.
- Creación de la cultura hacia E3M: debe existir un plan de comunicación de la cultura E3M, con reuniones periódicas, mensajes por parte de la alta dirección, newsletter o comunicaciones.
- Política retributiva e incentivos: sirve de catalizador para la implantación del modelo E3M. Se pueden emplear elementos retributivos e incentivos para “promover”, “motivar” e incentivar a los operarios hacia el nuevo modelo. Se recomienda que no siempre se trabaje con incentivos monetarios (en algunas ocasiones contaminan el modelo), sino también con el “reconocimiento” y los incentivos en especies (días extras de vacaciones, viaje de incentivo, regalos, formaciones, plan de carreras, etc.).

Para que una empresa pueda realizar la transformación de un modelo tradicional de mantenimiento a un modelo “E3M” se debe realizar una correcta gestión del cambio hacia esta filosofía de trabajo. Esto requiere de un estudio detallado de la fórmula del cambio, de forma que, tal y como se ve en la siguiente figura, evitemos las “X” en determinados apartados de la fórmula que pudieran llevar a situaciones no deseadas de “confusión, ansiedad, cambio parcial, frustración o un falso comienzo”. De acuerdo a esta fórmula es preciso contemplar desde el comienzo: la visión, las habilidades, los incentivos, los recursos y el plan de acción para conseguir un cambio exitoso.

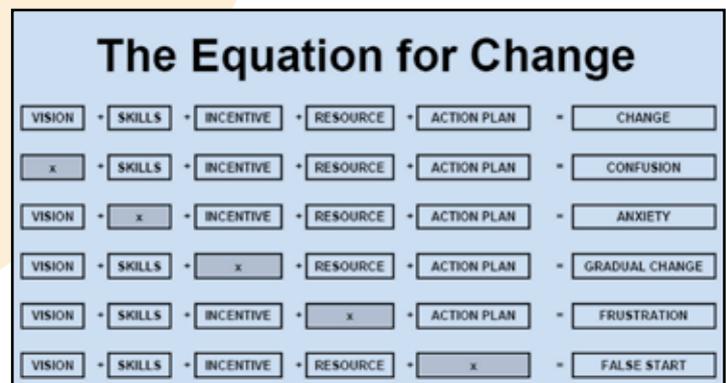


Tabla N° 2

No es tarea fácil llevar a cabo este cambio hacia el modelo E3M y, sin duda, requiere de un detallado plan de acción como el visto en este artículo y exige de la implicación de toda la organización y de todo el personal. La disciplina, el rigor, el establecimiento de procedimientos claros, la simplificación y el compromiso deben ser compañeros de viaje de esta difícil tarea.

También es preciso contar con apoyo externo a la propia empresa, ya sea de nuestros proveedores de componentes, de los fabricantes de las máquinas del proceso productivo, y de empresas expertas en mantenimiento que nos pudieran aportar su experiencia y su know-how. Existe una creciente demanda a la subcontratación de tareas de mantenimiento, lo cual es perfectamente loable, si bien requiere de una excelente labor de coordinación y comunicación entre ambas empresas.

En un entorno cada vez más competitivo y evolucionado, las empresas que logren implantar modelos E3M serán las que consigan ser más eficientes en costes y ventajas competitivas.

# Dermatosis Profesional en un Medio Industrial



Anselmo Sánchez Palacios

Jefe del Servicio de Alergología  
Hospital Universitario Insular de Gran Canaria

**L**a Alergología es una especialidad reconocida en España desde el año 1978 por el Ministerio de Sanidad. En su definición se estudian las patologías producidas por un mecanismo de hipersensibilidad. Las dermatosis profesionales y/o dermatitis de contacto están influidas por un mecanismo de hipersensibilidad tipo IV, que para que el paciente llegue a sensibilizarse debe tener como condición un contacto previo de la sustancia problema. En la etiopatogenia, participan los linfocitos llamados T, que liberan unos mediadores (interleucinas) que son las responsables de la aparición de enrojecimiento, picor, edema y a veces de la necrosis. Esta respuesta es llamada tardía, porque suelen aparecer a las 24, 48 y 96 horas de contacto.

Hay una mayor prevalencia de dermatosis profesionales en el sexo masculino (un 62,5%) y en edades comprendidas entre los 20 y 40 años. Esto se explica por el rango de mayor número de individuos incorporados al mundo laboral.

Las actividades laborales con mayor incidencia de consultas por dermatosis son aquellas relacionadas con jabones, pinturas, disolventes y cementos, correspondiendo a trabajadores de la industria metalúrgica y construcción.

En el sexo femenino, también se confirma que son las tareas de limpieza y peluquería, las profesiones con mayor índice de dermatitis ocupacionales. También a nivel sanitario se observa una progresión ascendente de alergia al látex.

La piel tiene 5 funciones primordiales que son:

- Función de protección frente a diversos agen-

tes físicos (radiaciones solares, quemaduras).

- Sensorial: percepción del frío, dolor, calor, etc.
- Función termoreguladora, conservando la temperatura del cuerpo y evitando su deshidratación.
- Función detergente: la continua descamación de la capa córnea arrastra la contaminación superficial.
- Función metabólica, con formación de la vitamina D.

La dermatosis profesional es toda aquella alteración cutánea causada, favorecida o empeorada por el ambiente de trabajo.

## 1. ACTIVIDADES CON RIESGO

- Industria de la construcción: manipulación de cemento, alquitranes, hulla, alcalino, etc.
- Industria del calzado: pegamentos (resinas).
- En la agricultura: con productos químicos, recolección de productos agrícolas, trabajos forestales.
- Industria alimentaria: panadería y pasteleros.
- Profesiones sanitarias e industria farmacéutica.
- Trabajadores del plástico: industria del automóvil, aviación y electricidad.
- Veterinarios y ganaderos por la lana, las pieles de oveja y de cabra.
- Metalúrgica: cromo, cobalto, níquel, fluidos de corte y antioxidantes.

Alérgenos	Actividad industrial	Vida privada
NIQUEL	Industria metalúrgica Baños electrolíticos	Bisutería Objetos metálicos Prótesis dentales Monedas
COBALTO	Industria de metales Artes gráficas (tintas) Cementos Cerámica Pinturas azules	Bisutería Objetos metálicos Prótesis dentarias Tatuajes
CROMO	Construcción (cemento) Industria metalúrgica Industria galvánica Artes gráficas Pinturas Industria química Industria textil y curtidos Industria láctea	Bisutería Objetos metálicos Prótesis dentales Calzado de cuero
PPDA	Tintes capilares Revelador de color Industria textil	Medicamentos Textil Tinte pelo
THIOMEROSAL	Elaboración vacunas	Medicamentos Productos de belleza
FRAGANCIAS	Industria cosméticos Industria farmacéutica	Cosméticos Cremas Alimentos Medicamentos
KATHON	Industria metalúrgica Industria cosméticos	Cosméticos Productos de limpieza
TIURAN	Industria metalúrgica	Guantes goma Zapatos y calzado deportivo Conservantes
NEOMICINA	Piensos compuestos	Medicamentos
CARBAMATOS	Guantes y calzado de protección Insecticidas	Guantes, zapatos Conservantes
RESINA EPOXY	Industria electrónica	Bricolaje Obturaciones dentarias Sprays pinturas

Tabla N° 1: Principales fuentes de exposición a los alérgenos más frecuentes.

## 2. DIAGNÓSTICO DE LAS DERMATOSIS PROFESIONALES

Se basa fundamentalmente:

- 1) En la historia clínica laboral.
- 2) En el examen físico exhaustivo.
- 3) Pruebas del parche o contactantes de las sustancias sospechosas con la piel del trabajador. Actualmente existen laboratorios que nos proporcionan, según la profesión (peluquería, odontoestomatología, estética, industrias,...), los diferentes alérgenos específicos a los que el paciente puede estar expuesto.

Se le pone el parche en la espalda al paciente, con lectura a las 48, 72 y 96 horas.

Se considera positiva la prueba si el paciente refiere prurito, picor y aparece un eritema en el punto de contacto con diferentes grados o intensidad, pasando a vesícula o necrosis como máxima respuesta.

La dermatitis irritativa se produce como consecuencia del abuso de detergentes con un Ph alcalino alto, que hace que el paciente pierda su capa córnea, predisponiéndole a las dermatitis de contacto. Ejemplo de la dermatitis irritativa, la del ama de casa. Dicha dermatitis se puede cronificar, originando hiperpigmentación, piel seca y fisuraciones dolorosas.



Foto N° 1: Dermatitis alérgica de contacto subaguda por cemento (sales de cromo).

La dermatitis de contacto se limita al lugar de la zona de contacto del alérgeno.

En las dermatosis profesionales a nivel meta-lúrgico se implican los fluidos de corte, jabones y productos de limpieza de máquinas son los más frecuentes como causantes de dermatitis irritativa. Las dermatitis de contacto por aceites de corte es la patología más importante que puede producirse, siendo un 80% de los casos de efecto irritante. Afecta principalmente a muñecas, dorso de manos, pulpejos y dedos.

### 3. PREVENCIÓN DE LAS DERMATOSIS PROFESIONALES

Sobre el trabajador tenemos dos apartados:

- La prevención individual, donde se aconsejan monos de trabajo, delantales, gorros, botas, cremas protectoras y guantes hipoalergénicos.
- Como protección colectiva:
  - Identificación de los agentes causantes.
  - Sustitución de productos alergizantes por otros inofensivos.
  - Disponer de lavabos y duchas. Realizar cambios asiduos de la indumentaria de trabajo.
  - Evitar usar como productos de limpieza, abrasivos, petróleo, gasolina, disolventes.
  - Información y formación del trabajador.
  - Medidas de higiene personal.

### 4. TRATAMIENTO

- Identificación del agente causal para recomendar alternativas.
- Tratamiento sintomático a base de antihistamínicos y corticoides tópicos y/u orales.
- Utilización de cremas barreras con las normas de prevención comentadas.

### 5. BIBLIOGRAFÍA

- 1) Ancona A, Alonzo L. Dermatitis por contacto irritativa. Conde Salazar, Ancona A. Dermatoses Profesionales. Signament Ediciones S.L. Madrid 2000.
- 2) García Pérez A, Conde Salazar L, Giménez Camarasa J.M. Tratado de Dermatoses Profesionales. EUDEMA, S.A. 1987.
- 3) Gómez M, Zimerman M, Alday E et al. Importancia de la patología laboral sensibilizante respiratoria y dermatológica en el mundo laboral. MAPFRE Medicina 2002; 13:227-240.
- 4) Orden del Ministerio de Trabajo y Asuntos sociales 1/2007, de 2 de enero, que establece el modelo de parte de enfermedad profesional, y se dictan normas para su elaboración y transmisión creándose el correspondiente fichero de datos personales. BOE. 4/1/2007.
- 5) REAL DECRETO 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro. BOE 19/12/2006.

# EL GRUPO HARICANA INVIERTE CUATRO MILLONES EN LA AMPLIACIÓN DE SUS INSTALACIONES EN EL PUERTO

El 28 de mayo de 2015, el Grupo Haricana inauguró las nuevas instalaciones de Graneros de Las Palmas en el Puerto de la Luz y de Las Palmas. En dichas instalaciones ha invertido 4 millones de euros, consolidándose como uno de los principales importadores de cereales del archipiélago.

El acto de inauguración contó con la presencia del Presidente del Grupo Haricana, Juan Agustín Sánchez Bolaños, el Director General de la compañía, José Luis Durá Rodríguez, así como la participación de todo el Consejo de Administración del Grupo. Asimismo, contó con la presencia del equipo de gobierno de la autoridad portuaria, encabezada por su presidente Luis Ibarra Betancot y por el director de la misma Salvador Capella Hierro.

Por otro lado, en cuanto a la asistencia de los invitados, tanto de Gran Canaria como del resto de las islas, estuvo bien representada por proveedores, productores de piensos, distribuidores, ganaderos y queserías que, sin duda, no quedaron indiferentes ante las mejoras presentadas en la jornada de ayer.

Los trabajos de mejora han supuesto dos años de trabajo y permitirán a la compañía ensacar y almacenar cereales, así como recibir soja a granel, contando con una capacidad de más de 1.500 m<sup>2</sup> de nuevas superficies. La ejecución del proyecto ha corrido a cargo del Grupo Satocan, y cuenta con instalaciones industriales de Fireman, Mican, Se2In y Conelsa.

El nuevo robot-ensacadora de la marca TMI (multinacional española líder en este proceso) tiene una de las mayores capacidades de ensacado de la isla, y el almacén puede albergar hasta 300 pallets, o lo que es lo mismo, 15.000 sacos.

La nueva nave de soja puede procesar un ritmo de carga de camiones de una toneladas por

minuto, quedando la carga de un camión de 10 toneladas lista para el reparto en apenas 10 minutos. La nave cuenta con sistema de volteo revolucionario de soja por cinta superior automatizado, ofreciendo una mejora competitiva, permitiendo que el producto no se caliente ni pierda propiedades.

Graneros de Las Palmas se inauguró en 1982 en régimen de concesión, que fue renovada de nuevo en el año 2011. Tiene una capacidad más que suficiente para la recepción de trigo, millo, cebada y soja, a la que se añade la nueva ampliación de limpia, de ensacado y almacenaje.



# SERVICIOS AERO-TÉCNICOS INSULARES: NUEVAS INSTALACIONES PARA DAR SERVICIO DE MANTENIMIENTO A AERONAVES

El 22 de julio de 2015, Binter presentó las nuevas instalaciones de SATI (Servicios Aero-Técnicos Insulares S.L.) en el Aeropuerto de Gran Canaria. El acto, que tuvo lugar en el nuevo hangar de la empresa en la zona de plataforma del aeródromo, contó con la presencia de la delegada del Gobierno en Canarias, María del Carmen Hernández Bento, y del consejero de Economía, Industria, Energía y Conocimiento del Gobierno de Canarias, Pedro Ortega Rodríguez, entre otras autoridades. Por parte de Binter asistió su presidente, Pedro Agustín del Castillo, y su vicepresidente, Rodolfo Núñez, así como el gerente de SATI, Eduardo Serradilla. A destacar también la presencia del director general de la ERA (Asociación de Aerolíneas Regionales Europeas), Simon Mcnamara.

SATI es una de las tres empresas de mantenimiento (junto a Binter Technics y Atavis) del sistema Binter y cuenta con 50 empleados. Su actividad comenzó en el año 2009 para establecerse como base de apoyo para distintas compañías aéreas que operan en las Islas Canarias, con el fin de favorecer el crecimiento de la industria aeronáutica canaria.

El hangar que SATI ha inaugurado cuenta con 1.750 m<sup>2</sup> para albergar distintos departamentos, talleres y oficinas y se suma a las dependencias de similares dimensiones que la empresa tenía en El Goro, en el municipio de Telde.

Las nuevas instalaciones de SATI, dentro de la zona aeroportuaria, permitirán tener acceso a una cuota de mercado generada por operadores no basados en el aeródromo grancanario, pero que operan en él, abriendo el abanico de vías de explotación, con un sencillo aprovechamiento de las sinergias propias de las aprobaciones oficiales para estas actividades, con la posibilidad de ofrecer servicio inmediato, 24 horas, en caso de necesidad.



## Empresa de mantenimiento especializada en componentes e interiores

A finales del 2010 SATI consiguió la certificación por parte de la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA Ref.-ES.145.216) como Centro de Mantenimiento (CAT C) para Componentes de aeronave. En el Certificado de Aprobación como Organización de Mantenimiento con fecha de vigencia del 20 de marzo de 2015, se incluye además la habilitación para el mantenimiento en línea de aeronaves (CAT A) para los ATR 42 y ATR 72 (aeronaves que se encuentran dentro de la habilitación A1: Aviones de más de 5.700 Kg).

Las aprobaciones obtenidas como Centro de Mantenimiento (CAT C) incluyen referencias y elementos de avión de distintas sub-categorías: C1-A/C y Presurización, C3-Comunicaciones y Navegación, C5- Energía Eléctrica, C6- Equipo, C7-Motores y APU, C14-Tren de Aterrizaje, C15-Oxígeno, C16- Hélices y C18-Protección contra Hielo/Lluvia/Fuego.

Desde entonces, ha venido prestando servicios en mantenimiento de interiores y componentes a distintos operadores aéreos locales (SERAIR, Binter Canarias, Navegación y Servicios Aéreos Canarios (NAYSA), Canarias Airlines Compañía de Aviación (CANAIR) o Canaryfly) y foráneos (Ceiba Intercontinental, NordikAviation, Air Bostwana, Farnair, Swiftair, Halcyonair...), así como formación y asesoramiento a nuevas compañías (BQB, Uruguay).

SATI ha completado el apoyo técnico a sus clientes con la ejecución de Mantenimiento Mayor y Gran Parada en aeronaves modelo ATR, tanto en fuselaje externo como interiores focalizando sus actividades en tareas de mantenimiento, inspecciones GVI, DVI, STI, tareas estructurales, ensayos no destructivos NDT, tratamientos superficiales de fuselaje, etc.

Por otra parte, las actividades desarrolladas a lo largo de sus años de actuación se han ido adaptando a las necesidades de crecimiento del mercado de la zona, incrementando de forma progresiva su capacidad como Centro de Mantenimiento Aprobado.

# Asepeyo celebra un acto de reconocimiento de los Premios a las mejores prácticas preventivas en Canarias

**Astilleros Canarios gana el primer premio en la categoría “Mejor práctica de gestión de la prevención”, consiguiéndolo por primera vez una empresa canaria.**

Asepeyo celebró el 16 de marzo de 2016 un acto de reconocimiento del premio a las mejores prácticas preventivas otorgado a Astilleros Canarios, en la sede presidencial del Gobierno de Canarias (Las Palmas). Presidido por el presidente del Gobierno de Canarias, Fernando Clavijo, y por Vicente Aparicio, director gerente de la Mutua, el acto contó también con la conferencia de Luis del Río Montesdeoca, fiscal de la Fiscalía de la Comunidad Autónoma de Canarias, la presentación del proyecto premiado por parte de Vicente Marrero, director de recursos humanos de Astilleros Canarios y con la presencia de autoridades de la Administración y de instituciones representativas del territorio.



En dicho acto, el presidente de Astilleros Canarios, Germán Suárez compartió la distinción con todo el pueblo canario, entregando el premio al presidente del Gobierno de Canarias.

Asepeyo ha distinguido, en esta IV Edición de los Premios Asepeyo a las mejores prácticas preventivas, a diez empresas entre las que se encuentra Astilleros Canarios. Estos galardones tienen como objetivo reconocer a aquellas empresas asociadas a la Mutua que hayan destacado por sus proyectos en materia de prevención de



riesgos laborales. En total se han presentado 104 trabajos, de los cuales el jurado ha decidido distinguir como ganadores a 10 de ellos, y a 30 como finalistas.

La Junta Directiva de la Mutua ha otorgado en la categoría “Mejor práctica de gestión de la prevención”, el primer premio a Astilleros Canarios, el segundo ha sido para Universidad Miguel Hernández y el tercero para Elecnor. En la categoría “Mejor práctica para el control del riesgo”, Acciona Infraestructuras ha contado con el primer premio, Faurecia Automotive Exteriores España con el segundo y Tecno Ambiente ha recibido el tercer galardón. También se han entregado dos distinciones a la pequeña empresa en la categoría “Mejor práctica preventiva”: un primer premio para Itesal y un segundo para Onubense de Instrumentación y Electricidad.

Con la finalidad de difundir los proyectos ganadores y finalistas de estos Premios, y de dar a conocer determinadas prácticas eficaces de gestión y control del riesgo en el ámbito laboral, la Mutua ha publicado una monografía que recoge un resumen de todos los trabajos distinguidos, que se puede consultar en la web corporativa.

# JORNADA DE PUERTAS ABIERTAS EN EL COITI



El Colegio Oficial de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Las Palmas y la Escuela de Ingenieros Industriales y Civiles de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria organizaron el día 29 de abril de 2015, una jornada de Puertas Abiertas en las instalaciones sitas en la avenida de Juan XXIII.

Estuvo dirigida a Peritos Industriales, Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la Rama Industrial de la última promoción, así como a alumnos del último curso de la carrera de Grado o que estuviesen con el Trabajo de Fin de Grado.

La presentación del acto corrió a cargo del Decano-Presidente del Colegio Oficial D. Antonio Marrero Nieto (COITI) y del Director de la Escuela (EIIC) D. Norberto Angulo Rodríguez.

Se ofreció a los asistentes a esta jornada los servicios colegiales, además de poner a su disposición la asesoría laboral, jurídica y fiscal. Estuvieron presentes las siguientes entidades financieras colaboradoras: Bankia, Sabadell Atlántico, Banca March, Bankinter y Banco Popular; por gestión inmobiliaria, REMAX; por asesoría de seguros, AXA; y TBN por empresa de Servicios Profesionales de Ingeniería.



# COMPETICIÓN EUROPEA DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (ESNC 2015)



La comunidad global europea de navegación por satélite se reunió en el Foro DDB en Berlín para reconocer las innovaciones más brillantes del año, relacionadas con aplicaciones comerciales de la tecnología por satélite, y que se llevó a cabo en línea con la 2ª Conferencia Masters Satélite. El proyecto Poseidron se ganó al jurado internacional de expertos con su “multicopter”, dirigido por control remoto y construido para apoyar a los servicios de búsqueda y salvamento marítimo. Poseidron se llevó a casa el gran premio por delante de otros 29 finalistas de esta competición.

El proyecto presentado por Tomás Marqués Arpa y Jordi Serra Ruiz, obtuvo el segundo lugar en el Premio PRS con su idea de **“Señal PRS en la obtención de evidencias de la Cadena de Custodia Digital”**. Esta edición obtuvo récord histórico con 515 presentaciones recibidas de más de 40 países diferentes. La organización de este concurso está involucrada en varios eventos en toda Europa, tales como “Soluciones Espaciales Europeas”, que se celebrará en La Haya en mayo de este año; así como con la Comisión Europea, interesados en casos de éxito relacionados con la navegación por satélite.

Felicitar a los autores del proyecto quienes aportaron a esta Revista de Ingeniería del Mantenimiento en Canarias, en la edición Número 8, el artículo **“Propuesta de Creación y Transmisión de Manera Segura de la Evidencia Digital”**. Nos congratulamos por ello y les deseamos toda clase de éxitos.



# La Noche europea de l@s investigador@s

DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA 2015

Durante la tarde del 25 de septiembre de 2015 la ciencia salió a la calle a través de demostraciones y talleres para jóvenes y adultos. La cita fue en el Parque Santa Catalina, en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria. La Noche Europea de l@s Investigador@s es un proyecto de divulgación científica promovido por la Comisión Europea dentro de las acciones Marie Skłodowska-Curie del programa Horizonte 2020, que tiene lugar simultáneamente en más de 350 ciudades europeas desde 2005.

La Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y la Fundación Parque Científico Tecnológico participaron en la iniciativa OUR FUTURE: RESEARCHES FOR A BETTER FUTURE de la mano de otras catorce entidades de diferentes ciudades españolas (Barcelona, Badajoz, Burgos, Cáceres, Cerdanuola del Vallés, Girona, Lleida, Murcia, Oviedo, Palencia, Santander, Soria, Valladolid y Zamora).

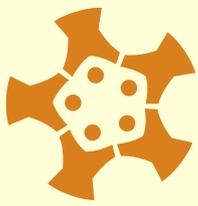
Las actividades se celebraron de forma paralela, lo que permitió que las personas que se acercaron a disfrutar de esta noche europea de la investigación pudieran participar en las mismas y tener una visión más cercana de la ciencia y los

investigadores. Se trata de un evento dirigido a alumnos, profesores, centros escolares, organizaciones, instituciones, empresas y público en general.

El programa de actividades incluía la participación del Grupo de Cooperación Internacional de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, representado por su coordinador, el Dr. Mariano Chirivella Caballero y, por parte de la empresa TBN, intervinieron la Dra. María del Pino Artilles Ramírez y D. Luis García Martín, con el taller denominado: “La Tecnología: Técnicas Predictivas para la Eficiencia Energética”. Las demostraciones y ensayos que se realizaron se basaron en las técnicas de Ultrasonidos de Alta Frecuencia Propagados en Aire y Estructuras, así como en la Termografía Infrarroja, permitiendo comprender al público asistente, de manera fácil y rápida, la relación entre **Buenas Prácticas en Mantenimiento y Eficiencia Energética**.

*“La manera más rápida, eficaz y rentable de hacer frente a los problemas derivados de un uso insostenible del recurso energía, es aumentar la **eficiencia** en su uso”.*





# V COMPETICIÓN DE INGENIERÍA EBEC LAS PALMAS

El 11 de marzo de 2016 tuvo lugar la fase local de la quinta Competición de Ingeniería EBEC Las Palmas en el Campus de Tafira, que contó con la colaboración de TBN. Los participantes disfrutaron de un intenso día poniendo a prueba sus conocimientos y aptitudes fuera de las aulas, resolviendo problemas planteados en diversas modalidades. Muchos estudiantes fueron testigos del desarrollo de las pruebas, donde los equipos se enfrentaron a diferentes retos.

La EBEC (European BEST Engineering Competition) es un evento que tiene como misión acercar a los estudiantes de carreras técnicas al mundo laboral, al mismo tiempo que aportarles una visión práctica a sus enseñanzas técnicas. Para ello, se enfrentan a situaciones donde deben demostrar habilidades tales como su ingenio, su talento o su capacidad de trabajo en equipo.

Con ello, se potencia una actitud práctica por parte de los futuros ingenieros, valorando la adecuación a una situación previamente desconocida y otros aspectos como el trabajo en equipo, el pragmatismo o la planificación del tiempo.

Este año, a los estudiantes inscritos en la modalidad teórica (Case Study) se les planteó elaborar un programa espacial de exploración y colonización de otros planetas a nivel estelar (entrando en el mayor número de detalles posibles). A la hora de seleccionar a los ganadores, el jurado tomó en cuenta la creatividad y originalidad de los proyectos, su factibilidad y las habilidades comunicativas mostradas por los participantes durante las exposiciones.

Mientras tanto, los participantes de la modalidad práctica (Team Design) se enfrentaban a un problema completamente diferente: diseñar y crear un prototipo que lanzase un proyectil a la mayor distancia y con la mayor precisión posible, en el que se premiaba que estuviese automatizado. A la hora de elegir a los ganadores se tuvo en cuenta los siguientes criterios: la distancia de alcance, el coste de la construcción (tenían un presupuesto máximo asignado) y la propia estética del diseño, explicado ante los jueces. El jurado valoró y seleccionó al equipo ganador en base a estos criterios.

Los ganadores de esta edición fueron José Saiz, Andrei Bozanic, Alejandro Quesada y Carlos Hernández en la categoría Case Study; mientras que en la categoría Team Design fueron Carlota Torrado García, Daniel Cruz Acosta, Janira Cabrera Lesiewicz y Sonia María Cruz García. Estos dos equipos fueron premiados con el viaje y el pase para competir en la ronda nacional en Madrid, en parte gracias a la ayuda proporcionada por TBN. Durante la fase nacional, nuestros estudiantes ganadores se enfrentarán a los equipos ganadores de las rondas locales de la Universidad Politécnica de Madrid, la Universidad Carlos III de Madrid, la Universidad de Valladolid, y la Universidad Politécnica de Cataluña, donde podrán medir sus capacidades y desarrollar nuevos ámbitos de su educación pasándose bien y conociendo a otros estudiantes. Desde aquí les deseamos muchísima suerte en las nuevas pruebas, y esperamos que puedan representar a España en la fase internacional, la EBEC Final, que se celebrará en Belgrado.



*Equipos participantes*



*Jurado*

# Confiabilidad, pieza clave para la eficiencia en las empresas en Canarias



Cámara de Comercio de Gran Canaria  
Salón de Plenos, Planta 4º  
C/León y Castillo, 24

14 de Septiembre de 2015  
9:00-13:15h

JORNADA GRATUITA

Confirmar asistencia a  
[info@hexia.com.es](mailto:info@hexia.com.es)

'Las tecnologías RAMS como palanca para mejorar la eficiencia de las instalaciones y la competitividad de los negocios.'

Antonio José Fernández Pérez. Presidente Comité de Confiabilidad de la AEC

'Avances en diagnóstico y pronóstico de averías para Aerogeneradores.'

Blas Galván González. Director Grupo CEANI y Maestría MICRO

'La práctica del mantenimiento de máquinas: pasado, presente y futuro.'

Roque Alejandro Calero Pérez. Director asociado 3IDS

'La Gestión del Mantenimiento Asistida por Ordenador (GMAO) como soporte

a las tecnologías RAMS.' Luis M. García Martín. Director-Gerente TBN

Aplicaciones actuales en Canarias. Mesa de debate

ORGANIZAN:

COLABORA:

**QAEC**  
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CALIDAD

**H...XIA**

**Cámara**  
Gran Canaria

En la mesa de debate sobre las aplicaciones actuales en Canarias de la Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO), participaron:

- 1.- Antonio Pérez. Director de Mantenimiento. Empresa Oryx Energies. Actividad: Energía.
- 2.- José Manuel Solanot García. Director Técnico. Empresa: Grupo HARICANA. Actividad: Fabricación de Harinas para el sector de Panadería y Pastelería.
- 3.- Jorge Rey Blázquez. Director Técnico. Empresa: Grupo FSM. Actividad: Obra Pública, Construcción, Desalación y Agricultura.
- 4.- Moderador: Luis García Martín. Gerente TBN.





ASOCIACIÓN PROVINCIAL DE EMPRESARIOS DEL SECTOR DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, SERVICIOS DE INGENIERÍA, DISEÑO, CONSULTORÍA TECNOLÓGICA Y ASISTENCIA TÉCNICA DE CARÁCTER INDUSTRIAL DE LAS PALMAS



femepa

## AEMIN

(ASOCIACIÓN PROVINCIAL DE EMPRESARIOS DEL SECTOR DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, SERVICIOS DE INGENIERÍA, DISEÑO, CONSULTORÍA TECNOLÓGICA Y ASISTENCIA TÉCNICA DE CARÁCTER INDUSTRIAL DE LAS PALMAS)

El 21 de julio de 2015 se constituyó en la provincia de Las Palmas esta nueva asociación integrada en Femepa.

La Asociación AEMIN es un espacio abierto a las áreas del Mantenimiento Industrial, Servicios de Ingeniería, Diseño, Consultoría Tecnológica y Asistencia Técnica de Carácter Industrial. AEMIN ofrece la oportunidad de conocer e integrarse en una Asociación que tiene entre sus fines facilitar a sus asociados el intercambio de experiencias, conocimiento e información sobre las estrategias y técnicas de mantenimiento; y promover, realizar o colaborar con otras entidades, instituciones o asociaciones en la realización de trabajos, seminarios e I+D+i sobre mantenimiento, en su sentido más amplio, difundiendo el conocimiento en la materia.

Por lo tanto, el objeto fundamental es unir, no sólo a las empresas relacionadas con la disciplina del Mantenimiento y la Ingeniería, sino a toda aquella persona física o jurídica que tenga interés en el conocimiento, difusión y divulgación de cualquiera de los campos a los que se orienta la asociación y que desee integrarse en la misma.

La Junta Directiva está formada por D. Luis García Martín de la empresa TBN, como Presidente; D. David Ramírez Cárdenes de AQUAMTECH, como Vicepresidente; D. Jesús Guijarro Ramos de TEC-BIVECAN, como Secretario; D. Víctor Mendoza de BELL INGENIEROS, como Tesorero; D. Alberto Ventura Vera de MAQUINARIAS VENTURA, como Vocal; e Irina León García, en calidad de Secretaria Técnica.

Tendrán derecho a pertenecer a la Asociación:

- Los empresarios, sea persona natural o jurídica, que en la provincia de Las Palmas desarrollen la actividad ya definida anteriormente, y que libre y voluntariamente deseen formar parte de la misma, con la sola condición de observar los presentes

Estatutos, Reglamentos y Acuerdos válidamente adoptados por los Órganos de Gobierno de la Asociación.

- Con iguales observancias, podrán asimismo pertenecer a la Asociación aquellas Asociaciones de Empresarios de menor ámbito de actividad o territorial que se constituyan en la provincia de Las Palmas, a los mismos fines de representación, defensa, gestión y fomento de los intereses profesionales comunes que representa la Asociación.
- También, podrán formar parte de la Asociación, en condición de Asociado Adherido, con voz pero sin voto, aquellas personas físicas que, dedicándose a la actividad de mantenimiento industrial o actividad auxiliar de ésta, desarrollen su actividad en empresas que no pertenecen al objeto de estos Estatutos.
- Del mismo modo, podrán formar parte de la Asociación, en condición de Asociado Experto, con voz pero sin voto, aquellas personas físicas que tengan interés en el conocimiento, difusión, divulgación, promoción... del mantenimiento y actividades auxiliares a ésta.



# Rincones del Atlántico publica el tercer y último tomo de Arquitectura y Paisaje. “La arquitectura tradicional en el medio rural de Canarias”

Ha visto la luz recientemente el tercer y último volumen del monográfico “Arquitectura y Paisaje”, editado por *Rincones del Atlántico*, dedicado a la arquitectura tradicional de Canarias y a su importancia en el paisaje de las islas.

El tomo II, publicado en el año 2014, abarca la información sobre las islas occidentales –El Hierro, La Gomera, La Palma y Tenerife–, así como un artículo dedicado a las haciendas de Tenerife y La Palma; y éste, tercero y último de la serie, se ocupa de las Canarias orientales –Gran Canaria, Fuerteventura, Lanzarote y La Graciosa– más un artículo dedicado a las haciendas de las tres primeras. Los textos de este tomo, que han sido el hilo conductor y la estructura imprescindible para construirlo, han sido escritos por el historiador Pedro Quintana Andrés, que se hizo cargo de varios de ellos por diversas causas con el entusiasmo y el gran rigor que le caracteriza, y por el arquitecto Ignacio Javier Gil Crespo, buen conocedor de la arquitectura de Lanzarote.

Como el tomo I, éste también lo cerramos con una miscelánea que comprende dos artículos más cortos pero intensos, cuyos autores son Faustino García Márquez y Fernando Sabaté Bel, que no sólo ayudan a cerrar, a modo de epílogo, estos tres tomos, sino que abren, al mismo tiempo, una nueva puerta que enlaza con el siguiente número de *Rincones del Atlántico*, que estará lleno de ideas y propuestas que consideramos importantes para caminar juntos hacia un futuro mejor. Se añade, además, un glosario de apoyo sobre arquitectura tradicional y usos en el medio rural.

El propósito de *Rincones del Atlántico* ha sido, desde el primer número de la revista, transmitir de una manera divulgativa, amena, didáctica, con rigor



y calidad, el valor y la belleza del paisaje y el patrimonio natural y cultural de las Islas Canarias y la enorme importancia que tiene su conservación. Entendemos *Rincones* como una herramienta estratégica que contribuye a darlo a conocer, valorar y proteger y que ofrece –desde una perspectiva pedagógica, ecológica, humanista, ética y constructiva– ideas y alternativas para un desarrollo realmente sostenible, armónico, racional, ecoeficiente y perdurable, colaborando desde este rincón del Atlántico a la buena salud de nuestro planeta. Deseamos y aspiramos a poder caminar juntos hacia una sociedad más justa y en equilibrio con la naturaleza, que proporcione una vida digna y buena a quienes ahora vivimos aquí y a las generaciones futuras.

INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

# TBN

SERVICIOS INTEGRALES DE LUBRICACIÓN

**Ultrasonidos**

**Análisis de  
Vibraciones  
y SPM**



**Termografía  
por Infrarrojos**



**Cámara de  
Video de Alta  
Velocidad**

**Análisis de  
Aceites, Aguas  
y Gases**



**Software  
Mantenimiento**

**Detección  
de  
Fugas**



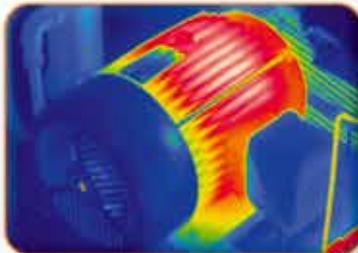
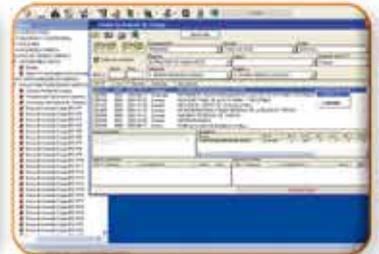
**Videoscopia**



**Auditoría  
Energética**



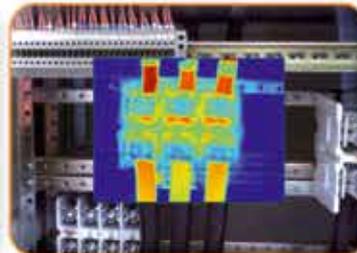
**Consultoría  
de Medio  
Ambiente**



**Luz  
Ultravioleta**



**Cámaras de  
Inspección de  
Canalizaciones**



**Lubricantes y  
Servicio Integral  
de Lubricación**

**Formación  
Técnica**



**Medición de  
Espesores**



TBN

# I Congreso Internacional de Ingeniería del Mantenimiento en Canarias

Palacio de Congresos  
Gran Canaria (INFECAR)

**JUNIO**  
**14/15**  
**2016**

Organiza



Colaboran



Inscripciones y cursos post congreso en la web  
[www.congresomantenimientocanarias.com](http://www.congresomantenimientocanarias.com)