

INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO

EN CANARIAS



Revista de Ingeniería del Mantenimiento en Canarias

Director Revista:

D. Luis García Martín – Director Gerente TBN.

Comité Técnico:

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

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

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

D. Jesús Terradillos Azqueta - Fundación Tekniker.

Dra. M^a del Pino Artilés Ramírez - TBN.

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

Prolongación C/. Sao Paulo, s/n – Parque Empresarial Vista Mar – 2^a Planta- 35008 – El Sebadal - Las Palmas de Gran Canaria.

Tfno.: +34 928 297356 – Fax: +34 928 297891

Email: info@tbn.es

Islas Canarias - España

Web: www.tbn.es

Diseño Gráfico Portada:

TBN, S.L.

Diseño Gráfico y Maquetación:

Gráficas Bordón, S.L.

Impresión:

Gráficas Bordón, S.L.

Formato: 21 X 29.7 cm (A4)

Depósito Legal: GC-396-2010

ISSN: 2174-6052

**Tirada de este número: 1.000 Ejemplares
Gratuitos.**

Periodicidad: Semestral

EDICIÓN DIGITAL

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 del Mantenimiento Industrial y Servicios Integrales de Lubricación.

Índice

PRÓLOGO

- Profesor de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
D. Mariano Chirivella Caballero

CORDIAL SALUDO

- Director - Gerente de TBN
D. Luis García Martín

ARTÍCULOS

IMPORTANCIA DEL ACABADO SUPERFICIAL DEL ACERO INOXIDABLE EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Autores: Juan Francisco Cárdenes Martín y Eladio Domingo Herrera Santana

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria **PAG. 06-15**

LA INDUSTRIA DE LA TEJA EN LA HISTORIA DE GRAN CANARIA

Autor: Pedro Socorro Santana

Cronista Oficial de la Villa de Santa Brígida-Gran Canaria
PAG. 16-23

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AERONÁUTICO

Autor: Eduardo Serradilla Echarri

Servicios Aerotécnicos Insulares S.L. **PAG. 24-28**

IMPORTANCIA DE CONTROLAR EL AGUA EN LAS INSTALACIONES (II PARTE)

Autor: Agustín Santana López

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria **PAG. 29-35**

NUEVAS TECNOLOGÍAS Y ESTÁNDARES DE CAPTURA DE INFORMACIÓN PARA LA MEJORA EN EL MANTENIMIENTO

Autores: A. Arnaiz, E. Conde, E. Gorritxategi

Fundación Tekniker **PAG. 36-43**

MICROTURBINAS

Autores: Sergio Albarrán Castro y Jaime Gervas Triana

General Electric Energy y CEPESA Refinería Tenerife
PAG. 44-45

TÉCNICAS DE DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTILLA DE MANTENIMIENTO

Autor: Juan García Tortosa

Tortosa Ingenieros **PAG. 46-49**

EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO: APLICACIÓN DEL MODELO RCM A UNA MÁQUINA PLEGADORA KF3

Autor: Emilio Manuel Machín Brito

Informaciones Canarias, S.A. **PAG. 50-57**

LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA APLICADA A LA EDIFICACIÓN

Autor: Ángel Lezana García

Álava Ingenieros **PAG. 58-62**

INSPECCIÓN DE SOLDADURA. TÉCNICAS TOFD Y PHASED ARRAY

Autor: Antonio Racionero Martínez

Olympus España **PAG. 63-69**

SUSTITUCIÓN DE LAS TORRES DEL TELEFÉRICO DEL TEIDE

Autores: Miguel Pintor Domingo y Luis Pintor Sepúlveda

Proytec Canarias, S.L. **PAG. 70-76**

LA HUMEDAD DE CAPILARIDAD (I PARTE)

Autor: Ricardo Ibáñez Serrano

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria **PAG. 77-80**

LOS RETOS DE LA INNOVACIÓN EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL AVANZADA

Autor: Roberto Moreno Díaz

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria **PAG. 81-83**

LA COOPERACIÓN COMO TRANSFERENCIA DE KNOW-HOW

Autora: M^ª del Pino Artilles Ramírez

TBN, S.L. **PAG. 84-98**



Don Mariano Chirivella Caballero

Profesor de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria



Recibo con sumo agrado y responsabilidad el encargo de escribir este prólogo para una Revista de Mantenimiento a la que he visto nacer y crecer en tan poco tiempo, sustentada en entender la función mantenimiento y su contribución a la eficacia y eficiencia de la mayoría de los procesos.

En este número, los objetivos de partida en cuanto a la divulgación del conocimiento en mantenimiento, se ven reforzados con el grado de importancia que puede adquirir la transmisión de la utilidad del mismo, dentro del marco de determinados Proyectos de Cooperación Internacional orientados a enseñar a resolver problemas esenciales que, por cotidianos, pueden parecer que estén resueltos.

Es cierto, que en nuestro afán por ayudar a los más desprotegidos, olvidamos a veces que el desarrollo que quieren esos países no coincide con el que les proponemos. En palabras de la profesora María Luz Ortega, de la Universidad de Córdoba, dentro de las III Jornadas para la Cooperación Internacional (2011), organizadas por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria: "...en términos de cooperación, y con estos planteamientos, estaríamos ante una forma de cooperación simplemente asistencial, donde los cooperantes, donantes, etc., se comportan de forma altruista, para tranquilizar conciencias, o pensando que la sumatoria de proyectos puede calmar el efecto solidaridad de la demanda".

También señalaba la profesora que la eficacia es un factor clave para que la cooperación funcione, dado los medios cada vez más escasos de los que se dispone. Una eficacia basada en la coordinación, comprensión y coherencia con la parte local del país que recibe la acción de cooperación. En esta línea, la Unión Europea, a través de la Declaración de París, ya destacaba la importancia de adaptar la cooperación que se quiere realizar al país objeto de la misma, a su pasado y a su presente, cuidando la transparencia de las acciones.

Se puede deducir, en consecuencia, que la futura

Cordial Saludo



Don Luis García Martín

Director - Gerente de TBN



Estimados lectores;

Con este número, se cumple un año del nacimiento de la Revista INGENIERIA DEL MANTENIMIENTO EN CANARIAS, que a pesar de tener un nombre que pudiera encasillarla en temas específicos de mantenimiento, ha sido, desde su inicio, un espacio abierto a temas relacionados con la investigación, la innovación, el medio ambiente, la eficiencia energética, la gestión, los proyectos, el turismo, la fiabilidad, la mantenibilidad y cualquier otro tema relacionado con la ciencia y la tecnología. Este enfoque, una vez más, lo hemos intentado dejar patente también en

el tercer número, donde confiamos que encuentren esta diversidad de la que hablamos. Aprovecharé esta edición para compartir con ustedes que, al menos dos de los principales objetivos por los que nació esta publicación, a mi juicio, se han cumplido sobradamente. Uno, el de **"acceder al conocimiento en su aérea de influencia"** y dos, **"ser fuente de conocimiento externo para la innovación en las empresas, a través de la implantación de nuevas técnicas y tecnologías"**.

Pues bien, hemos sido testigos directos de estos fenómenos. Por una parte, se ha contribuido a que algunas empresas, de las cientos a las que llega esta revista, nos solicitasen el contacto de las personas que habían escrito alguno de los artículos, ya que pretendían implementar las mismas actuaciones para conseguir idénticos resultados. Y por otra, se ha notado un significativo aumento del interés por profundizar en lo que nos gusta ver como un estadio avanzado

cooperación debe ir puliendo aspectos que tienen que ver más con la aptitud que con la actitud hacia la tarea de cooperación.

Por otra parte, y si bien es cierto que por ahora gran parte de los avances en la ciencia y tecnología que asombran al Norte rico, son inapropiadas para el Sur pobre, no es menos cierto que la experiencia en desarrollo de los Recursos Humanos de los países más desarrollados, se vuelve cada vez más necesaria para el desarrollo sostenible de los países que son dependientes en tecnología.

Pero en época de crisis económica, y una vez desprendida la cooperación de su antigua tendencia a dotar en los programas técnicos de los últimos adelantos tecnológicos (y sin perder de vista el valor añadido que supone conocer para estos países las tecnologías más avanzadas) debemos, a nuestro entender, concentrar los esfuerzos en ayudarles, enseñándoles a hacer un mantenimiento de las instalaciones y equipos disponibles, o de los nuevos que reciban, de forma eficaz y eficiente.

En esta línea ha trabajado durante seis años, y lo sigue haciendo, el equipo de cooperación que represento, interviniendo en la mejora de la formación de especialistas en mantenimiento (y de formadores de esos especialistas) en Cabo Verde, así como dotando de medios materiales las instalaciones de las instituciones educativas. Esto ha respondido a la concepción de un tipo de cooperación que busca en la educación y la formación de los RRHH, su fin último.

La función mantenimiento, por otra parte, ha experimentado avances importantes, lo que permitirá en un futuro cercano, "rentabilizar" desde el punto de vista del conocimiento (trabajos de investigación, artículos, etc.) el trabajo realizado, una vez que pensamos que se ha conseguido, el objetivo fundamental de esta cooperación, que no es otro que lograr que los Recursos Humanos de Cabo Verde, sean capaces de afrontar y resolver los problemas inherentes al nivel de desarrollo adquirido, que siempre crea discapacidades entre la tecnología diferida y no probada en ese país.

Queda, sin embargo, un enorme trabajo para convencer a la sociedad soporte de la cooperación, de que los cooperantes tienen que combinar sus tareas cotidianas de docencia, de trabajo en sus empresas, etc. con las propias de otro "trabajo", que llena desde luego lo que hemos llamado "memoria afectiva", pero que se podría traducir en algún reconocimiento, en nuestro caso, por parte de la Universidad, a los efectos de completar la carrera docente e investigadora. No obstante, los que desempeñamos esta cooperación desde el marco de una institución académica, somos optimistas pues se están poniendo en marcha iniciativas lideradas por grupos de educación para la cooperación, que trabajan en la línea de convencer a las autoridades académicas, de la importancia de la cooperación para tener un docente más adaptado a la realidad, a la vez, que implica la transmisión de unos valores esenciales a los propios estudiantes, que representan el futuro.

del mantenimiento, es decir, en el conocimiento de técnicas de mantenimiento predictivo, para reducir tiempos de parada, aumentar la vida útil de los equipos y efectuar mantenimiento basado en la condición de los mismos.

Hace escasas semanas, en un viaje desde Philadelphia (Pensilvania) a Columbus (Ohio), la revista de la compañía aérea US Airways, contenía un artículo sobre Medicina Predictiva del Cáncer, que me llamó la atención por la recomendación que hacía: *"...una vez detectada alguna anomalía mediante las técnicas médicas predictivas, y habiéndose resuelto de forma satisfactoria, se señala la recomendación médica de mantener un TPI (Tratamiento Preventivo Ininterrumpido)"*. Inmediatamente, lo extrapolé al mundo del mantenimiento. He de reconocer que la palabra **ININTERRUMPIDO** es, al menos para mí, y en lo que respecta al argot de mi profesión, novedosa, pero a partir de ahora la asumiré como imprescindible.

Motores, bombas, variadores, turbinas, reductores, rodamientos, cojinetes, válvulas, purgadores, cuadros eléctricos, transformadores, calderas..... equipos a los que, si por su criticidad en el proceso productivo, se les atendiese, cuidase y mimase de forma **ININTERRUMPIDA** (y no sólo cuando "se quejasen"), su salud y su longevidad estarían garantizadas; **"Salus est suprema felicitas hominis"** (la salud es la suprema felicidad del ser humano). ¿Pensarán lo mismo las máquinas?

Como es costumbre, agradecer a los autores su desinteresada colaboración y a modo de reflexión, y como despedida, compartir con los lectores la siguiente frase:

"Desechar toda innovación es desechar todo progreso y mejora."

W.G. Bengam.

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

Importancia del Acabado Superficial del Acero Inoxidable en Elementos Estructurales



Juan Francisco Cárdenes Martín
Profesor Titular Universidad
Dpto. Ingeniería Mecánica
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria



Eladio Domingo Herrera Santana
Profesor Titular Escuela Universitaria
Dpto. Ingeniería Mecánica
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

1. INTRODUCCIÓN

El acabado superficial de un acero inoxidable no es solo una cuestión estética, sino algo que además condiciona su resistencia a la corrosión y su facilidad de mantenimiento. Podemos afirmar categóricamente que cuanto más cuidada y pulida se halle la superficie de un acero inoxidable, mayor será su resistencia a la corrosión.

Es habitual pensar que el acero inoxidable no necesita mantenimiento, sobre todo, cuando se utiliza en elementos estructurales. Sin embargo esto es un error. Sólo si el acero inoxidable está bien elegido para su aplicación, es un material que nos va responder sin apenas mantenimiento durante toda su vida. Hemos de tener en cuenta que éste se utiliza sobre todo como elemento estructural distinguido, indicándole al usuario que está ante una zona noble o de representación. Para conservar su aspecto limpio y resplandeciente basta con un mantenimiento periódico muy sencillo, que generalmente consiste en un lavado con agua y jabón.

Por tanto, el primer paso para reducir el mantenimiento de un acero inoxidable es elegirlo de forma adecuada para el uso al que irá destinado.

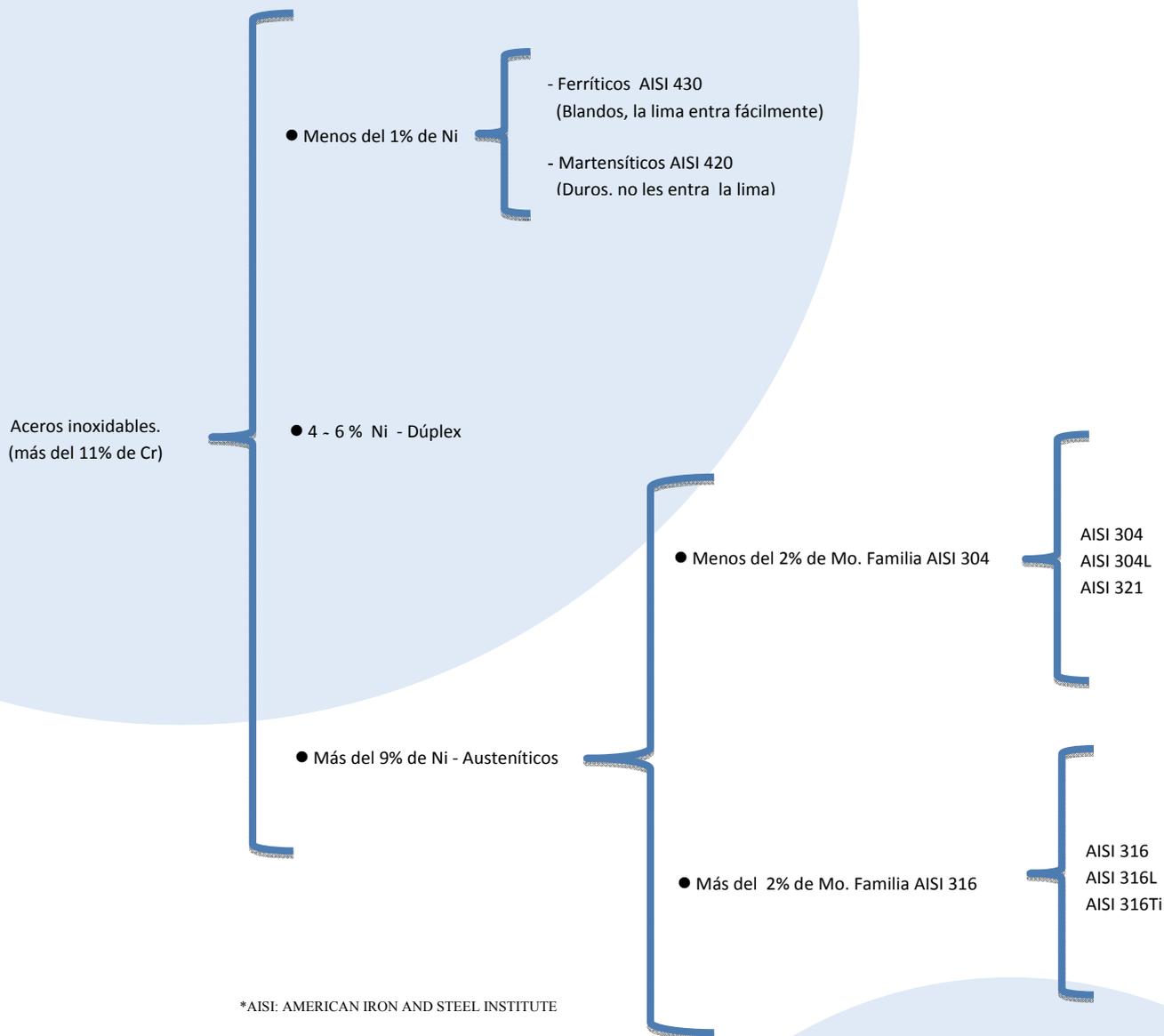
En este sentido, empezaremos por dar una sencilla clasificación de los mismos.

Se considera acero inoxidable, aquellos aceros que tienen un contenido en cromo superior al 11%. Este contenido posibilita la formación de una película pasiva de óxido de cromo en la superficie, en lugar del clásico óxido de hierro de los aceros comunes (Fe_2O_3); el óxido de cromo (Cr_2O_3) se caracteriza por formar una capa totalmente adherida a la superficie del metal, de tal forma que protege a éste frente a la acción de los agentes corrosivos externos, con la capacidad de volverse a regenerar cuando se daña la superficie del acero, volviendo a proteger al metal. No ocurre así con el óxido de hierro clásico, el cual al tener una estructura leñosa, se va desprendiendo por capas, haciendo que éste pierda espesor y, por tanto, comience el proceso de corrosión y degradación del mismo.

Existen tres tipos básicos de aceros inoxidables: los ferríticos, los martensíticos y los austeníticos. Podemos considerar un cuarto tipo que son los aceros inoxidables dúplex (austeno-ferríticos) que, en realidad, son mezcla de dos de los básicos.

2. CLASIFICACIÓN

A continuación damos una clasificación de estos aceros, siendo los contenidos de los elementos representativos valores aproximados, por lo que podrán existir excepciones en casos muy particulares:



Estos aceros los podemos identificar atendiendo a su magnetismo y dureza, de la siguiente forma:

	LIMA	IMÁN
• MARTENSÍTICO	NO	SI
• AUSTENÍTICO	SI	NO
• FERRÍTICO	SI	SI

Los aceros inoxidables ferríticos y martensíticos no contienen níquel (como máximo un 1%). Sin embargo, los austeníticos tienen contenidos en níquel superiores al 9%, lo que les confiere la estructura austenítica, la cual se caracteriza por ser no magnética.

2.1.- Aceros Inoxidables Ferríticos

Son aceros al cromo, con pequeñas cantidades de níquel (trazas), por tanto, son aleaciones hierro-cromo-carbono, con estructura ferrítica (red cúbica centrada en el cuerpo) que se caracteriza por ser magnética. Los aceros ferríticos son aceros inoxidables relativamente baratos y se utilizan para fabricar accesorios domésticos, como pueden ser cuberterías, vajillas y baterías de cocina, electrodomésticos, fregaderos, jaulas de protección en ventiladores; y componentes de la industria del automóvil como silenciadores, tubos de escape, tornillos y elementos decorativos.

El más utilizado es el AISI 430 con un contenido en cromo del 18%.

2.2.-Aceros Inoxidables Martensíticos

Son esencialmente aceros inoxidable al cromo, este es su principal elemento de aleación. Las cantidades de níquel que poseen son pequeñas. Los encontramos normalmente templados con durezas de 60 HRC. Tienen una gran resistencia a la abrasión. Cuanto mayor es su contenido en carbono, mayores durezas obtenemos.

Se utilizan fundamentalmente en cuchillería de cocina y profesional, hojas de corte para cizallas (corte en ambientes corrosivos), componentes mecánicos como rodamientos, ejes, frenos de disco, tornillos, etc. (en general, en piezas resistentes al desgaste); así como instrumental quirúrgico y odontológico.

El más representativo es el AISI 420 (C=0,25%, Cr=13%). Partiendo de este básico se obtienen los demás; a medida que aumenta el contenido en carbono se logran mayores características en el temple; y si se les añade molibdeno (Mo), wolframio (W) y vanadio (V), mejoramos sus características mecánicas en caliente.

2.3.-Aceros Inoxidables Dúplex (Austeno-Ferríticos)

Poseen una estructura mixta austeno-ferrítica. Estos aceros se utilizan cuando necesitamos elevadas características mecánicas, buena soldabilidad y resistencia a la corrosión en ambientes difíciles con ácidos fuertes o en agua de mar. La composición aproximada tiene un contenido en carbono inferior al 0,05%, Cr entre un 18% y un 25%, Ni entre un 3% y un 6% y Mo entre 0% y 4%.

Estos aceros inoxidable nacen como una alternativa más barata a los aceros inoxidable austeníticos (AISI 304L Y 316L). Los aceros inoxidable austeníticos presentan problemas de corrosión bajo tensiones y por aireación diferencial, o en resquicios en medios con iones cloruros, en definitiva, en condiciones extremadamente corrosivas con cloruros de agua de mar. Se mejora el comportamiento ante estos tipos de corrosión aumentando el contenido en Ni, lo cual los convierte en aceros muy caros; los aceros dúplex reducen el contenido en este elemento, resultando por tanto más baratos.

La soldabilidad, tenacidad y ductilidad son buenas, intermedias entre las de los aceros austeníticos y ferríticos. No endurecen con temple, pero sí por deformación en frío o en caliente.

2.4.- Acero Inoxidables Austeníticos

Son los aceros inoxidable más utilizados. Su alto contenido en níquel les confieren una estructura austenítica (red cúbica centrada en las caras) que se caracteriza por ser no magnética.

Existen fundamentalmente dos familias, la AISI 304 y la AISI 316.

El AISI 304 se denomina vulgarmente 18-8 (18% Cr y 8% Ni) y posee un contenido máximo de carbono del 0,08%. Se utiliza cuando existen problemas de corrosión general.

El AISI 316 denominado vulgarmente 18-8-2 (18% Cr, 8% Ni y 2% Mo) se utiliza cuando las condiciones de servicio implican problemas de corrosión general más acentuados, como ocurre cuando la temperatura supera los 60° C. Frente al mar, siempre se utilizará el AISI 316, y también cuando tengamos corrosión por picaduras que está asociada a la existencia de cloruros.

En esencia, si el elemento va a estar en contacto con sangre, carnes, pescados, vinos, mostos, o alimentos salados emplearemos en su construcción AISI 316 – 316L. Tengamos en cuenta que el contenido en sales de la sangre es similar a la del agua de mar.

Si se aplican procesos industriales con temperaturas superiores a los 60° C, como ocurre en el upeizado de la leche UHT, siempre se utilizará AISI 316.

En caso contrario el 304 es suficiente.

Los aceros inoxidable austeníticos presentan buena soldabilidad siempre que se empleen técnicas de unión adecuadas pero, en cualquier caso, se hace necesario utilizar la variedad L (AISI 304L ó AISI 316L) que garantiza un contenido en carbono de como máximo un 0,03%. También son recomendables los aceros estabilizados con titanio (Ti) o niobio (Nb).

3.- EQUIVALENCIA ENTRE LA NORMA AISI (AMERICANA) Y LA EN (EUROPEA)

La norma europea que designa los aceros inoxidable es la EN 10088, pero está más extendida la designación de estos según la clasificación AISI (USA).

A continuación damos la correspondencia entre las siglas AISI y EN 10088 para algunos tipos de aceros inoxidable austeníticos de uso habitual en exteriores.

	AISI	EN 10088
Austeníticos AISI 304	304	14301
	304L	14307
	321	14541
Austeníticos AISI 316	316	14401
	316L	14404
	316Ti	14571

4.- EJEMPLO DE UTILIZACIÓN DE UN ACERO INOXIDABLE AUSTENÍTICO

Veamos un ejemplo de aplicación en una industria alimentaria, como podría ser una central lechera. El proceso comienza con la recogida de la leche por el ganadero. La leche sale de la ubre de la vaca a 36° C y debe ser refrigerada a 4° C, para ello se introduce en contenedores frigoríficos (Fotografía N° 1). Estos contenedores tienen que ser de acero inoxidable, que es un material higiénico. Como la temperatura es baja y el ele-



Fotografía N° 1.
Contenedores frigoríficos
(AISI 304)

mento corrosivo es la leche, podemos elegir el AISI 304. Si existen elementos soldados tendría que elegirse un 304L ó un 321. La leche es recogida por un camión cisterna que la sigue manteniendo a 4° C, por lo que dicha cisterna se puede fabricar con AISI 304 (Fotografía N° 2).



Fotografía N° 2.
Camión cisterna para transporte de leche (AISI 304)

En la central, el almacenamiento de la leche se realiza en depósitos que suelen estar al aire libre y que también están fabricados con AISI 304L (Fotografía N° 3).



Fotografía N° 3. Depósitos de almacenamiento (AISI 304)

A partir de estos depósitos la leche fluye por toda la central, por tubos de AISI 304L, llegando al proceso de pasteurización que se lleva a cabo con intercambiadores de calor. Aquí se suele emplear el AISI 316L pues tenemos corrosión y temperatura. El 316 es más resistente a la corrosión bajo tensiones, fenómeno que suele darse cuando tenemos temperaturas superiores a los 60° C, presencia de ácido láctico y productos desinfectantes para la limpieza de las instalaciones (Fotografía N° 4, N° 5).



Fotografía N° 4.

Tuberías de AISI 304 e Intercambiador de calor (AISI 316)



Fotografía N° 5. Intercambiador de calor (AISI 316)

Nota: Con este esquema hemos pretendido dar un ejemplo sencillo, y solo orientativo, de las posibilidades de utilización de estos aceros. Es evidente que la fabricación de una instalación, más o menos compleja en acero inoxidable, implica un estudio profundo en el que se valorarán todas las opciones posibles con el fin de optimizar dicha instalación.

5.- ACABADO DE LOS ACEROS INOXIDABLES

El acabado superficial tiene una elevada importancia, con fines no sólo estéticos, sino también de la resistencia intrínseca a la corrosión del

acero inoxidable. Por otro parte, este hecho es bastante obvio en un material que no se defiende de la corrosión mediante pinturas, esmaltes o revestimientos, sino que por el contrario, se autopasa en ambientes suficientemente oxidantes. La resistencia a la corrosión en último extremo será tanto más elevada cuanto mejor sea el pulido de la superficie, o bien, cuanto menor sea la rugosidad superficial del elemento de acero inoxidable. El acabado superficial está clasificado según la norma EN 10088 o la American Iron Steel Institute (AISI). Así, las cuatro designaciones más importantes son (Ver Tabla N° 1):

ACABADO	EN10088	AISI	EN10088	AISI	EN10088	AISI	EN10088	AISI
	1D	Nº 1	2D	2D	2B	2B	2R	BA
DESCRIPCIÓN	Laminado en caliente, recocido y decapado.		Laminado en frío, recocido y decapado (acabado mate).		Laminado en frío, recocido y decapado y con una ligera laminación en el tren skin-pass (acabado brillante).		Laminado en frío, recocido en atmósfera controlada (acabado espejo).	
IMAGEN								
	EN-10088-2 1D	ASTM Nº1	EN-10088-2 2B	ASTM 2B	EN-10088-2 2D	ASTM 2D	EN-10088-2 2R	ASTM BA

Tabla N° 1.

1D: Laminado en caliente y recocido: Esta superficie es propia de las chapas y planchas más gruesas, tiene poca reflectividad. Se utiliza sobre todo, en motivos no decorativos, donde la apariencia óptica es menos relevante, por ejemplo, en sistemas de soporte en lugares no visibles y en aplicaciones estructurales.

2D: Laminado en frío, recocido y decapado (acabado mate): Es una superficie menos rugosa que la 1D. Se logra con laminado en frío, recocido y decapado. La apariencia mate de la superficie, poco reflectante, la hace adecuada para aplicaciones industriales y de ingeniería. En arquitectura es menos usada.

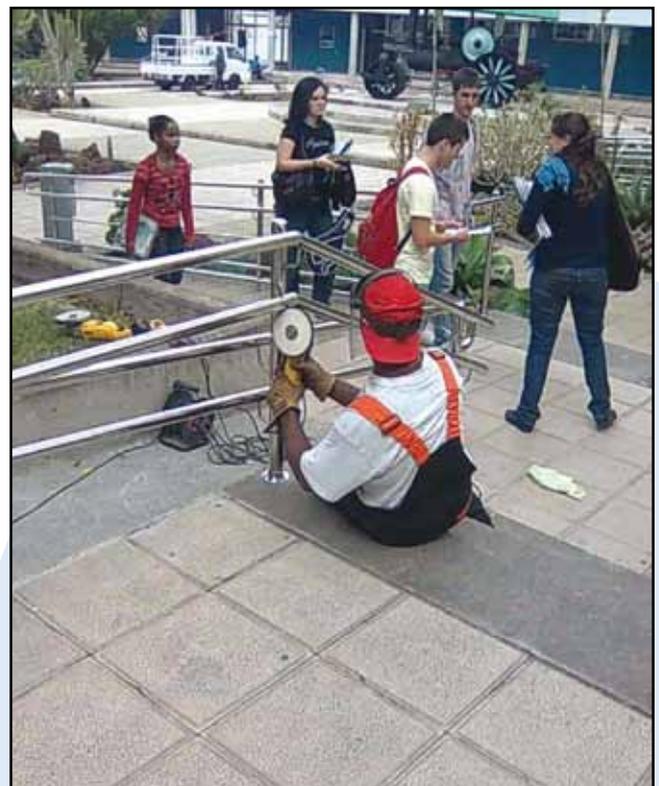
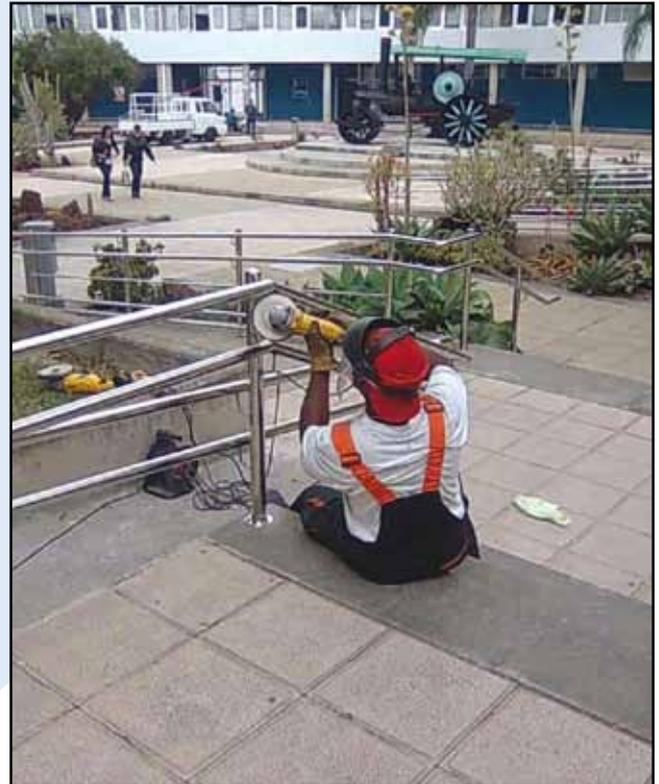
2B: Laminado en frío, recocido y decapado y con una ligera laminación en el tren skin-pass (acabado brillante): Producida mediante el mismo proceso que la 2D. Con un ligero laminado final utilizando rodillos muy pulidos, que proporcionan una superficie lisa, reflectante, grisácea. Es el acabado superficial más utilizado en la actualidad y sirve de base para la mayoría de acabados brillantes y pulidos.

2R: Laminado en frío, recocido en atmósfera controlada (acabado espejo): Este acabado muy brillante, que refleja las imágenes con claridad, se obtiene mediante un tratamiento térmico en unas condiciones atmosféricas sin oxígeno, seguido de un laminado en frío utilizando rodillos muy pulidos. Este acabado muy liso es menos susceptible a alojar contaminantes del aire y su limpieza resulta más fácil.

6.- CONTAMINACIÓN DEL ACERO INOXIDABLE

Una vez seleccionado el tipo de acero y su correspondiente acabado superficial, se llevará a cabo la construcción del elemento o instalación que tenemos diseñada. Es frecuente que durante el proceso de fabricación, o en la manipulación de las piezas, pueda dañarse la superficie de estas en algunas zonas, algo frecuente cuando en el montaje final hay que realizar, por ejemplo, operaciones de soldaduras. Mediante el rectificado en unos casos, o el amolado en otros, y con posteriores operaciones de esmerilado, cepillado, pulido y abrillantado, logramos recuperar el acabado superficial con el que se concibió dicha construcción y que aporta el alto valor decorativo que se persigue en muchas instalaciones de mo-

biliario urbano de interior en edificios públicos, revestimiento de fachadas, estructuras, esculturas, etc. (Fotografías N° 6 y N° 7).



Fotografías N° 6 y N° 7. Operaciones de amolado. Repaso del sobreespesor de soldadura.

La contaminación del acero inoxidable hace referencia a un fenómeno que puede verificarse, tanto en piezas fabricadas como semielaboradas, y que es causado por contacto superficial de material férreo. Puede tener su origen en un mal almacenamiento de los semielaborados (chapas, barras, tubos, etc.) que entran en contacto con superficies de estanterías de acero, no protegidas, o con semielaborados de acero común o con virutas de hierro producidas, por ejemplo, por las muelas. Otras veces, el fenómeno se origina por uso de útiles (muelas, cepillos, brocas, limas, hojas de corte, etc.) con los que se han realizado operaciones en aceros comunes y han quedado contaminados por ellos. Estos útiles ceden después estos residuos a los aceros inoxidables elaborados con posterioridad.

Por consiguiente, la primera regla para evitar la contaminación es almacenar cuidadosamente los aceros inoxidables, y trabajarlos utilizando siempre útiles, sin alternar usos con aceros comunes.

La contaminación de los aceros inoxidables es negativa, no solo desde una percepción estética, sino también por la posibilidad de inicio de corrosión y, consecuentemente, de un deterioro directo, perjudicando las condiciones de pasividad de la zona contaminada. Este hecho puede dar origen, según las condiciones de servicio de la pieza, a diferentes tipos de corrosión.

A simple vista es difícil distinguir si el aspecto oxidado que presenta la pieza es debido a contaminación por hierro (se han adherido partículas de hierro a la superficie) o es simple suciedad por falta de mantenimiento.

Existe un método muy sencillo para averiguar este aspecto que utiliza una solución con un 3% de ácido nítrico, un 3% de ferrocianuro de potasio y un 94% de agua destilada; se aplica sobre el acero inoxidable, indicando, si se torna azul, que existe contaminación por hierro. En este caso hay que practicar un decapado de tipo químico y posterior lavado cuidadoso con agua, para eliminar cualquier residuo de solución ácida.

Cuando en la superficie de la pieza solo existe suciedad, ésta se eliminará con agua y jabón o con detergentes neutros.

7.- LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DEL ACERO INOXIDABLE

Uno de los factores que se valora al elegir un elemento o instalación en acero inoxidable es el carácter ornamental o decorativo que puede lograrse con un acabado superficial adecuado. No obstante, este acabado tiene un costo que se paga con el elemento en el momento de adquirirlo. La creencia común de que el acero inoxidable no necesita mantenimiento es un grave error, no siendo lógico que permitamos que algo, por lo que hemos pagado una cierta cantidad de dinero más bien alta, se deteriore y pierda el carácter decorativo de representación por el que fue elegido.

Para una buena conservación de las superficies de las piezas, especialmente si están a la intemperie, es conveniente realizar un mantenimiento periódico que generalmente consiste en un lavado con agua sola (mejor caliente) y jabón o detergente neutro, procurando enjuagar bien luego y practicar, si procede, un secado. Estas labores serán más o menos frecuentes en función del estado de las superficies de los elementos. Es el personal de mantenimiento quien debe valorar la frecuencia de dichas labores según el acabado superficial del acero de la instalación.

8.- CASOS PRÁCTICOS

A continuación veremos, con dos ejemplos, lo que supone una mala elección en el acabado superficial de dos instalaciones en acero inoxidable.

8.1.- Caso práctico de una mala elección del acabado superficial del acero inoxidable utilizado en la barandilla de un paseo marítimo.

En este ejemplo mostramos la barandilla del paseo marítimo de la Playa de las Canteras, en el municipio de Las Palmas de Gran Canaria. Dicha barandilla se resuelve con balaustres y barandales en acero inoxidable.

La gran cantidad de óxido presente en el alma de dichos balaustres (Fotografías N° 8 y N° 9) hacen que la empresa que realiza el mantenimiento al Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria nos encargue un estudio técnico para determinar el tipo de acero empleado en la fabricación de dichos elementos, así como la técnica de limpieza más eficaz para recuperar y mantener el aspecto

que dicha barandilla presentaba cuando fue instalada.



*Fotografía N° 8.
Balaustre de acero inoxidable.
Playa de las Canteras.*

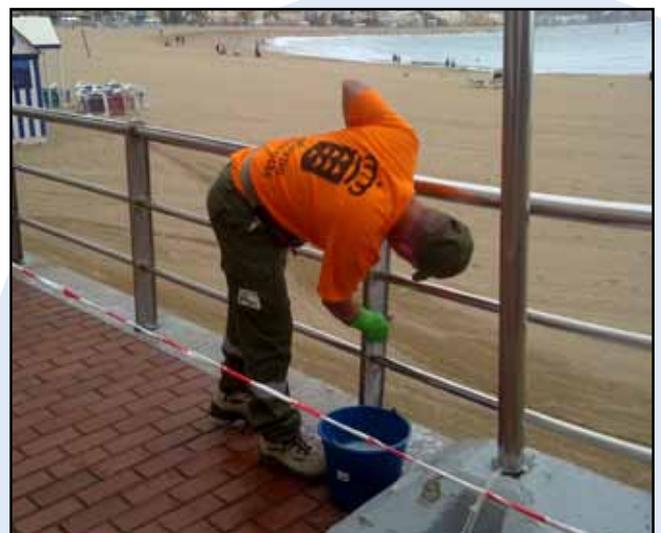


*Fotografía N° 9.
Balaustre de acero
inoxidable.*

Para tal estudio nos facilitan un balaustre en el que se elige una zona que es convenientemente preparada, utilizando una lijadora orbital y papel de carburo de silicio en grano nº 80. En dicha superficie se realiza el análisis espectrométrico (Fotografías N° 9 y N° 10). Esta operación se realiza en varios puntos, obteniéndose la composición típica de un acero inoxidable AISI 316, lo que nos permite afirmar que el material elegido para la fabricación de los balaustres es adecuada, no así el acabado rugoso que presenta el alma (interior) de dichos elementos. Este acabado superficial facilita que el óxido se adhiera con fuerza, resultando dificultosa su eliminación con un simple lavado con agua y jabón. En este caso, lo laborioso del proceso de limpieza y la frecuencia de su aplicación es probable que justifique el considerar la sustitución de dichos elementos, y por tanto, el cambio de dichas barandillas (Fotografías N° 11, N° 12, N° 13 y N° 14).



Fotografía N° 10. Análisis espectrométrico.



*Fotografías N° 11 y N° 12. Operaciones de mantenimiento
y limpieza. Playa de Las Canteras.*



Fotografía N° 13. Vista del balaustre antes de la limpieza. Playa de Las Canteras.



Fotografía N° 14. Vista del balaustre después de la limpieza. Playa de Las Canteras.



Fotografía N° 15. Vista del nuevo diseño de Balaustre. Playa de Las Canteras.



Fotografía N° 16. Detalle del nuevo diseño de Balaustre. Playa de Las Canteras.

Así, el nuevo diseño de barandilla elegido resuelve los balaustres y los barandales en acero inoxidable con el mismo acabado superficial (acabado espejo), siendo este acabado el ideal para prestar servicio, en un paseo marítimo con altos niveles de humedad marina y temperatura durante prácticamente todo el año (Fotografías N° 15 y N° 16).

8.2.- Caso práctico de mala elección del acabado superficial del acero inoxidable utilizado en las columnas de alumbrado de una urbanización residencial.

En este ejemplo mostramos unas columnas de alumbrado troncocónicas fabricadas en acero inoxidable y que se encuentran instaladas en una urbanización residencial en la isla de Gran Canaria. El nivel de oxidación que presentan la totalidad de las columnas existentes en dicha urbanización hace que la empresa instaladora nos

encargue un estudio técnico para determinar el tipo de acero inoxidable utilizado en la fabricación de todos los elementos que componen dichas columnas de alumbrado (Fotografías N° 17 y N° 18).

Se practican una serie de análisis espectrométricos en las placas base, fustes y brazos a varias columnas, obteniéndose en todas ellas la composición química típica del acero inoxidable AISI 316 (Fotografías N° 19 y N° 20). Este tipo de acero, elegido por el cliente para estas columnas de alumbrado, ha sido una elección acertada dada la prestancia que brinda este material y su buen comportamiento en ambiente salino, como es el caso de esta urbanización próxima a la costa.

Si el material elegido es adecuado, debemos valorar qué otro factor o factores dan lugar al problema. Una inspección visual de la totalidad de las columnas instaladas en la urbanización nos permite comprobar que todas ellas presentan en

las placas base, fustes y brazos, una oxidación superficial generalizada. Esta oxidación es debida a un acabado superficial satinado, con marcas de esmerilado formando anillos paralelos y transversales al eje de dichas columnas. Este acabado es del todo inadecuado para el ambiente en

el que van a operar. Lo ideal es que la superficie de los distintos elementos presente un acabado espejo, que dificulta la adherencia del óxido y su fácil eliminación con labores de mantenimiento sencillas, ya comentadas en este artículo.



Fotografía N° 17.

Oxidación superficial en las placas base, fustes y brazos.



Fotografía N° 18.

Oxidación superficial en las placas base, fustes y brazos.



Fotografía N° 19. Análisis espectrométricos.



Fotografía N° 20. Análisis espectrométricos.

Con estos dos casos prácticos, esperamos haber demostrado la importancia del acabado superficial en elementos de acero inoxidable, y su relación con las labores de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA:

- Juan Francisco Cárdenes Martín, Eladio Domingo Herrera Santana (2003): Conocimiento de materiales: Introducción a la corrosión. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Andrés Torres García (1998): Conocimientos básicos del Acero Inoxidable. Editorial CEDINOX.
- Gabriele Di Caprio (1999): Los aceros inoxidables. Editorial Inoxcenter.
- David Cocharane (2002): Guía de Acabados de Acero Inoxidable. Editorial Euro Inox.
- Benoit Van Hecke (2006): Los Acabados Mecánicos de las Superficies Decorativas de Acero Inoxidable. Editorial Euro Inox.

La Industria de la Teja en la Historia de Gran Canaria



Pedro Socorro Santana

Cronista Oficial de la Villa de Santa Brígida
Gran Canaria



Aspecto externo del Horno de El Madroñal, en la villa grancanaria de Santa Brígida. Foto: Rubén Díaz.

BREVE REFERENCIA SOBRE EL HORNO DE EL MADROÑAL

Pasan los años pero el centenario horno de tejas de El Madroñal, en la villa grancanaria de Santa Brígida, sigue en pie junto a la carretera del Centro, sobrellevando con dignidad su vejez, que le da cierta apariencia respetable. Se trata de una reliquia del pasado, de un tiempo no muy lejano en el que los canarios hacían uso de su ingenio y escasos recursos para suministrar materiales a nuestra arquitectura tradicional. El uso de tejas se generalizó en Canarias a partir del siglo XVI, de manera tan insospechada, que hasta las primeras ordenanzas del Cabildo de Gran Canaria debieron regularizar esta antigua industria que invitaba a comenzar la casa por el tejado.

INTRODUCCIÓN

Tras la Conquista y el asentamiento de los repobladores europeos en Gran Canaria, a orillas del riachuelo Guiniguada, las necesidades de la nueva población hacen que se demanden nuevos servicios; en principio, los más elementales como los cultivos de autoconsumo, arquitecturas del agua, y también las más mínimas infraestructuras para su desenvolvimiento, como las vías de comunicación y el desarrollo de todo lo relacionado con el cultivo de las cañas de azúcar, la nueva base de desarrollo económico insular. Y así fue como las palmeras y los pinos, con los días y las necesidades, fueron sucumbiendo bajo una hábil tala de la espesura boscosa que llegaba hasta el solar que ocupaba el campamento del Real de Las Palmas, aquel lejano día de San Juan de 1478. Los nuevos amos de la primitiva villa de Las Palmas necesitaban madera y leña para construir sus casas, alimentar el fuego de sus hogares y alzar las empalizadas defensoras. Más tarde, con la arboleda se alimentarían a los ingenios y trapiches, y de ella se sacarían los tablazones con los que se construirían los envases para el azúcar, primera industria insular.

Los calveros fueron salpicando el espeso bosque insular, de tal manera que en las ordenanzas dadas en 1531 se legisla preservando la foresta que se hacía humo para abastecer el incipiente caserío. Las casas señoriales levantadas por los conquistadores y sus descendientes, por los hacendados y beneficiarios de tierras y por los ricos comerciantes, alternaban con las modestas casas de los artesanos, labradores y gentes humildes. Las piedras y la madera para las nuevas construcciones se transportaban desde diferentes comarcas de Gran Canaria, mientras que el ingenio popular fue generando una tecnología propia. En la misma villa existían hornos de cal para su suministro a los albañiles y constructores.

Y así, a medida que crecía la población, en extensión y en almas, destacaron pronto otras industrias como los hornos de tejas, cuya producción artesanal y comercio del producto quedó regulado desde los primeros años de la colonización a través de las ordenanzas y otras disposiciones del Cabildo de la Isla, pues el uso del tejado, habitualmente a dos aguas, fue común en la arquitectura religiosa (iglesias, ermitas y conventos) y en edificaciones institucionales.



Antigua imagen del casco histórico de la Villa de Santa Brígida de 1895, en la que destaca los tejados de la parroquia y las casas de alrededor. Foto: Luis Pérez Ojeda.

No obstante, la expansión de la industria de la teja y el ladrillo tuvo lugar con el mayor desarrollo de la población entre finales del siglo XIX y principios del XX, hasta que se introdujeron materiales de importación como el ladrillo peninsular o la teja francesa. Fue entonces cuando aparecieron muchos hornos por la zona de barlovento de la Isla, en lugares –como siempre se hizo- cercanos a las terreras (de tierra arcillosa) y a las fuentes o puntos por donde discurría agua continua de acequias. Sus oficiales, los tejeros, conocían a la perfección el oficio y desarrollaron técnicas para

XVI. En el valle de La Angostura, próximo a la ciudad y perteneciente al término de La Vega (Santa Brígida), se alzaba uno de los primeros hornos en el que se fabricaban las tejas para las techumbres de las nuevas viviendas de la población más pudiente, pues una gran mayoría de vecinos seguía haciendo uso de las cuevas (La Atalaya, Pino Santo), o cubrían sus sencillas techumbres de ramas y de hojas de palmas, una práctica arquitectónica que poco a poco va desapareciendo por razones de seguridad y meteorológicas.



Horno de tejas y ladrillos en la Hoya del Poleo, en Arucas, de fines del siglo XIX. Foto: Álvaro Monzón.

una mayor producción. Estos hornos debían tener un amplio espacio anexo donde se esponjaba, amasaba el barro y se oreaba la teja (para lo cual se hacían cubiertas de palos y ramas de árboles a fin de que la insolación no afectara al producto, que luego se cocía en los hornos). Para cubrir esta demanda de construcción, sobre todo del ladrillo para tabiques de las nuevas edificaciones, en la ciudad de Las Palmas surgieron algunos hornos industriales.

EL TEJAR DE LA ANGOSTURA

El dato más antiguo que nos proporciona la Historia sobre la existencia de la industria de la teja en Gran Canaria data de mediados del siglo

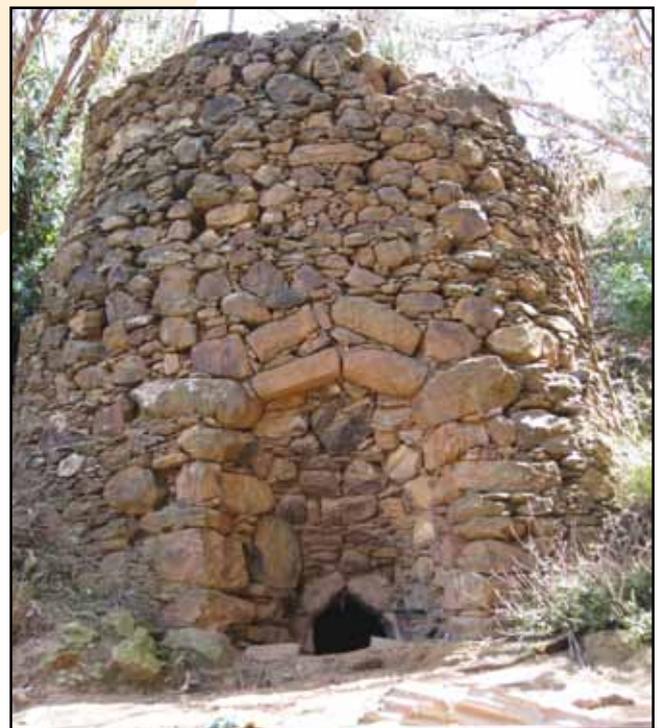
Las tejas cocidas en aquel horno, hoy desaparecido, cubrieron la techumbre de la parroquia de Santa Brígida, cuya materia prima -piedra, barro y madera- se tomaba cerca del lugar de la edificación. Su propietario en 1590 era Hernando de Feria, un reconocido tejero que, en un contrato hallado en el Archivo Histórico de Las Palmas (**Protocolo 898**), se obligaba a entregar cinco mil tejas al escribano público Francisco de Casares. No era el único, por supuesto, pues en el testamento que otorga el 31 de mayo de 1570 doña Francisca Ramos, casada con Fernán González y vecinos en San Juan de Telde, ante el escribano Pedro Fernández de Chávez describe entre sus bienes un tejero en la zona de Las Hoyas.

Por entonces, la ciudad de Las Palmas contaba con aproximadamente tres mil habitantes. Es una época de gran prosperidad que permite al gran canario mejorar sus propias casas, pero también son años de ataques piráticos que hacen que el oficio experimente un fuerte auge en el primer tercio del siglo XVII, debido a la inversión de capitales realizada en la ciudad por particulares y entidades religiosas y civiles, para restañar las heridas causadas por la invasión de la poderosa armada holandesa capitaneada por Pieter van der Does en 1599.

Un siglo más tarde, en torno a 1689, el veneciano Gotardo Calimano se hizo con la propiedad del citado horno de teja en un tiempo, también, de plena actividad constructora, toda vez que con el resurgir del vino en Gran Canaria las nuevas bodegas y lagares de El Monte, así como otras construcciones habituales dentro del paisaje agrario de las medianías, quedaron cubiertas por techumbres a cuatro aguas. Tejas (modelo árabe-andalucí), ladrillos y demás elementos constructivos tuvieron, por tanto, un papel destacado en el abastecimiento local desde el siglo XVI al XIX. De hecho, el horno de La Angostura tuvo larga existencia, pues en el decreto de constitución de la parroquia de la Vega de San Mateo, en el año 1800, observamos que las tejas de aquella iglesia se surtieron de aquella industria.

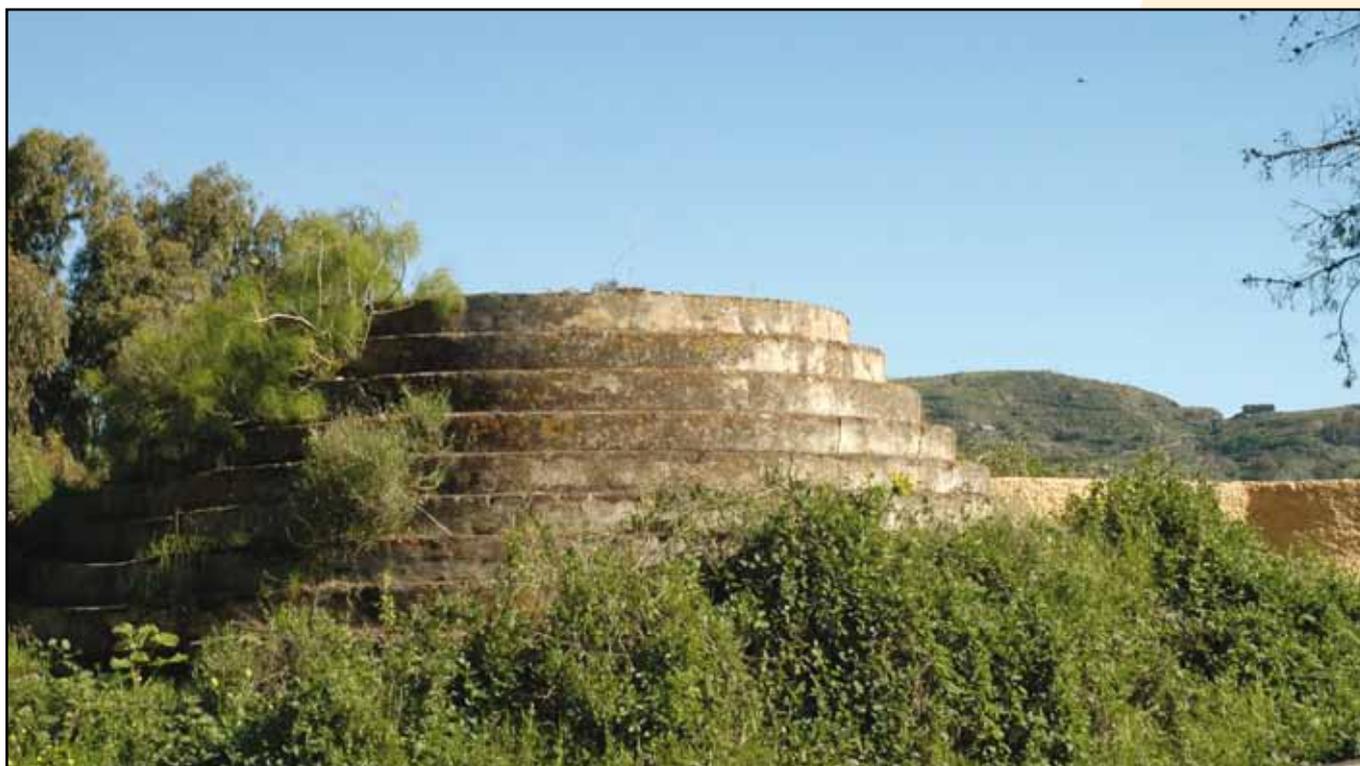
Los hornos proliferaron en la cercanía de Las Palmas, a la entrada de Arucas, Confital, Telde, Jinámar, Guía de Gran Canaria o Agüimes. Estas construcciones se situaban junto a los caminos, en zonas arcillosas, llamadas terreras, y se construían con piedras y barro, de forma troncocónica, a cielo abierto. Señala el investigador Francisco Suárez Moreno que los materiales de construcción debían seleccionarse entre las piedras muertas de mejores condiciones y la tierra arcillosa, una gruesa capa de barro -barro rojo- con la que se revestía su interior y que actuaba como elemento aislante y refractario. La piedra fue, por tanto, la base constructiva de estos hornos -y de la mayoría de las casas- al ser el material más próximo, barato y de fácil extracción en las canteras del lugar. Su estructura se compone de dos partes bien diferenciadas: la cuba y el hogar, separadas ambas por una parrilla. La primera, de forma troncocónica invertida donde se depositan las tejas, dispone de una base o solera que se comunica con el hogar a través de un conjunto de toberas por donde ascendía el calor.

El producto principal de cocción de estos hornos era la teja árabe aunque, en ocasiones, se elaboraba el ladrillo de barro utilizado por los mamposteros en tabicaciones. Y debemos suponer, por otro lado, que estos hornos fueron una excelente escuela de tejeros que, simultáneamente, desempeñarían también su oficio en la arquitectura doméstica. Un oficio que se transmitía de padre a hijos, siendo un trabajo ocasional, ejecutado mayormente en épocas de verano. De hecho, en Gran Canaria los caleros, tejeros y ladrilleros fueron un gremio de especial relevancia, destacando las aglomeraciones de hornos que aún hoy se localizan en distintas zonas de la isla: Hornos del Rey, El Calero, El Tejar, o el Lomo de Riquiánez (Arucas), etc.



*Horno de tejas y ladrillos en Casa de Matos, en Firgas.
Foto: Álvaro Monzón.*

Curiosamente, el emplazamiento de aquel primer horno de tejas del que se tiene constancia quedó registrado en la toponimia de Santa Brígida, ya que todavía hoy esa zona sigue siendo conocida como El Tejar. Otras industrias similares se levantaron a fines del siglo XIX y comienzos del XX en distintos lugares de este término municipal y nominaron a una parte del urbanismo del pueblo, pues también existe el topónimo de El Horno de la Teja, en el barrio de San José de las Vegas, mientras que la Vuelta del Horno representa actualmente al actual fogón de El Madroñal, testimonio vivo en esta localidad de aquellas actividades económicas de la sociedad rural del pasado.

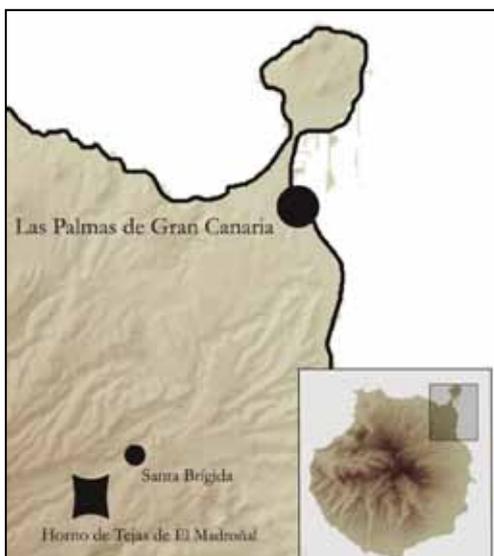


Aspecto externo del Horno de El Madroñal, junto a la carretera del centro. Foto: Francisco Suárez Moreno.

HORNO DE TEJAS Y LADRILLOS DE EL MADROÑAL

El horno de tejas de El Madroñal, situado al borde izquierdo de la Carretera del Centro (GC-15), ha constituido un perfil inconfundible en el paisaje del interior de la Isla desde que comenzara a hornear los primeros ladrillos de barro y tejas para suministrar a las fábricas de viviendas, base de nuestra arquitectura tradicional. Se trata de uno de los hornos más grande y mejor conservado de la Isla, donde también destacan los hornos de la casa de Matos, en Firgas, o los del Lomo de Riquiáñez de Arucas, en uso hasta hace pocas décadas y caracterizados por su rápida construcción y estructura simple.

La tradición oral mantiene el recuerdo de haberlo visto funcionar en la década de los años treinta del siglo pasado, antes de la guerra civil. Sin embargo, las estadísticas oficiales o en su caso los censos y anuarios comerciales de principios del siglo pasado no mencionan a esta pequeña industria artesanal, seguramente por ser una actividad discontinua desarrollada en función de la demanda de la construcción local.



Su fecha de construcción se estima en torno a 1898, aunque un testimonio contemporáneo – el maestro albañil Manuel de los Santos Naranjo Torres- lo data en los años veinte de la centuria pasada. Nacido en 1908 en la zona de El Roque, por encima del Llano de María Rivera (antiguo término municipal de San Lorenzo), este maestro de obras ejerció diferentes oficios a lo largo de su dilatada vida: pocero, tuvo

un estanco en su pueblo y pirata de la Vega de San Mateo, donde residía hasta que falleció, en 1994. Probablemente, la fecha de los años veinte tenga relación con la mayor actividad que tuvo el horno, pues en éste se cocieron también ladrillos de barro, además de las tejas árabes para las techumbres de las nuevas viviendas y quintas de recreo de los ingleses y de la burguesía local en El Monte Lentiscal y Tafira, las zonas de veraneo por excelencia de Las Palmas de Gran Canaria. Años de gran actividad constructiva y consolidación urbana que obligó al Ayuntamiento de Santa Brígida a crear una primera ordenanza del suelo a partir de 1925.



Boca Superior del Horno de El Madroñal para el escape del humo. Foto: P. Socorro.



Cubierta de una casa campesina de Santa Brígida con tejas del Horno de El Madroñal. Foto: P. Socorro.

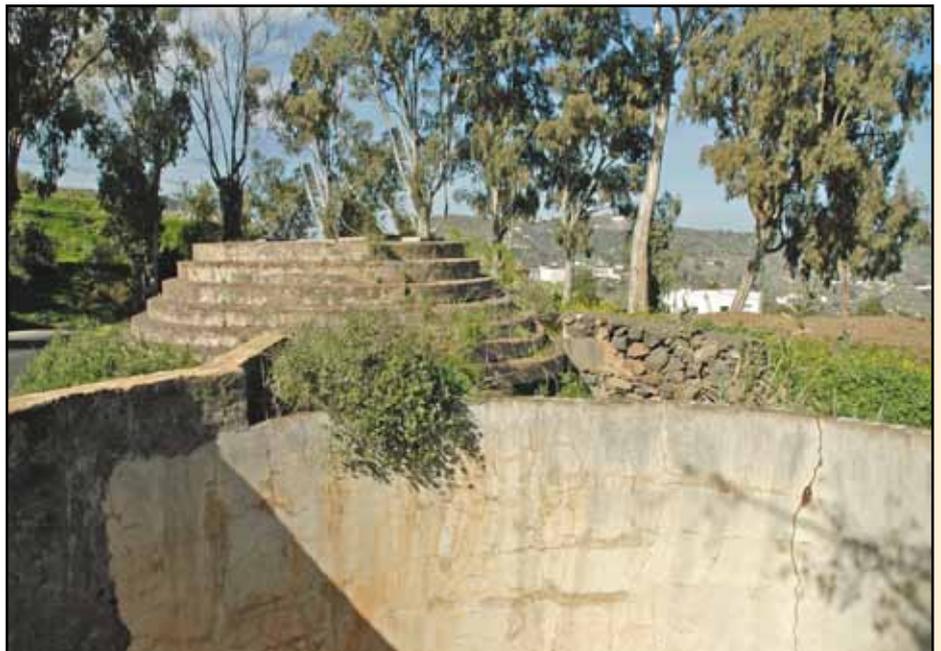
DESCRIPCIÓN

El horno de tejas de El Madroñal se construyó en una esquina de la finca de la vivienda unifamiliar que Joaquín Apolinario Suárez (1861-1920) y su esposa Ana Alzola realizaron a finales del siglo XIX, en torno a 1898, en la Vega de Enmedio. Una bella residencia que sigue las pautas europeas, en la que resalta un juego de volúmenes, con distintas alturas y bellos remates de madera. El actual poseedor de la finca y el horno en desuso es Lorenzo Olarte Cullen, ex presidente del Gobierno de Canarias.

Se trata de una construcción cilíndrica de nueve metros de altura y tres metros de diámetro interno, con cuatro contrafuertes de sillares y dos huecos destinados a la carga y descarga, realizados éstos en ladrillos de barro. Se estructura en dos partes: la hornilla y el cubo. La primera, destinada a caldera, está situada en la parte inferior, desde donde se prendía fuego a la leña para la cocción de las tejas, en la parte superior. Sus "jases" de madera, palos y maderas recogidos de la comarca se introducían por un orificio circular de unos 90 centímetros de diámetro conocido como ojo y por el que se alimentaba la caldera del horno. El techo de esta hornilla donde se horneaban las tejas lo forma una parrilla hecha con tosca que permitía, entre sus huecos, ascender el calor

y el fuego hacia el cubo. Este segundo espacio está construido de forma cilíndrica, con forma de gran chimenea. El techo del hogar tiene una estructura abovedada, también hecha de ladrillos rojos, mampuestos y barro, y que deja una boca, de metro y medio de diámetro, para el escape del humo.

Las guisadas de tejas, especialmente con madera de eucaliptos de la zona, solían durar 24 horas, mientras que los ladrillos necesitaban al menos dos días para lograr su perfecto guisado. El horno cuenta, además, con una serie de elementos auxiliares necesarios para su funcionamiento, de los cuales se conserva un pequeño estanque, situado junto a la vieja estructura, y que almacenaba el agua necesaria para esponjar y amasar el barro.



El Horno de El Madroñal. En primer plano el recipiente para almacenar agua. Foto: Francisco Suárez Moreno.

BIEN DE INTERÉS CULTURAL (BIC)

Dado su interés etnográfico, y por la importancia que tuvo en aquella actividad productiva, el Cabildo de Gran Canaria ha iniciado el procedimiento para su declaración como Bien de Interés Cultural (BIC), con categoría de monumento, a propuesta del Ayuntamiento satauteño, pues no sólo representa uno de los pocos testigos vivos de aquella rica actividad, sino que ha sido protagonista de una nueva historia de la arquitectura tradicional nacida hace cinco siglos.

Estos históricos elementos de la construcción fueron muy demandados hasta comienzos del siglo XX. Pero en los años 50 comenzaron las importaciones de tejas inglesas generalizándose luego las techumbres planas de hormigón, lo que acabó con esta industria. Hoy medio centenar de hornos salpican el territorio insular como protagonistas de una historia que un día hicieron que los canarios abrigaran sus casas por el tejado, asumiendo unos valores estéticos que, al propio tiempo, marcaban una jerarquía superior en el contexto de la población.



Oreando la teja en el Norte de Gran Canaria a mediados del siglo XX. Imagen de la FEDAC.

TABLA 1: HORNOS DE TEJAS EN GRAN CANARIA.

Horno de tejas El Madroñal	Santa Brígida
Horno de tejas Las Meleguinas	Santa Brígida
Horno de tejas de Cañón (El Paso)	La Aldea de San Nicolás
Horno de tejas en La Cardonera	La Aldea de San Nicolás
Hornos de tejas en Las Gamonas (Tasarte) - (3 unidades)	La Aldea de San Nicolás
Horno de tejas del Hoyo	La Aldea de San Nicolás
Horno de tejas y ladrillos La Charca (Los Berrazales)	Agæte
Horno de tejas y ladrillos La Culatilla (San Pedro)	Agæte
Horno de tejas Llano de la Casa (El Sao)	Agæte
Horno de tejas Cortijo de Samsó (Tamadaba)	Agæte
Horno de tejas (el Ingenio del Valle)	Agæte
Horno de tejas Los Corralillos	Agüimes
Horno de tejas Alcuacil (Los Corralillos)	Agüimes
Horno de tejas Barros (Temisas)	Agüimes
Horno de tejas Cañones-El Infiernillo (Temisas)	Agüimes
Horno de tejas La Sorrapada (Temisas)	Agüimes
Horno de tejas y ladrillos en la Hoya del Poleo	Arucas
Horno de tejas en Las Toscas-San Gregorio (Santidad Alta)	Arucas
Horno de tejas y ladrillos en Las Laderas (Visvique)	Arucas

Horno de tejas y ladrillos en Los Castillos	Arucas
Horno de tejas y ladrillos entre Los Bocarones y El Barreto	Arucas
Horno de tejas y ladrillos en Doñana	Arucas
Hornos de tejas y ladrillos en Lomo de Riquiáñez - (2 unidades)	Arucas
Horno de cal, tejas y ladrillos Casa de Matos (La Cruz)	Firgas
Hornos de tejas El Horno (El Barranquillo Andrés) - (2 unidades)	Mogán
Horno de tejas Las Casillas	Mogán
Horno de tejas Cortadores (Puerto Rico)	Mogán
Horno de tejas Cuevas del Pinar (Cruz Grande)	San Bartolomé de Tirajana
Horno de tejas Barrio Los Lomos	San Bartolomé de Tirajana
Horno de tejas Barranco de Fataga (Maspalomas)	San Bartolomé de Tirajana
Horno de tejas Cuevas del Pinar (la Plata)	San Bartolomé de Tirajana
Horno de tejas La Cortada de Franco	San Bartolomé de Tirajana
Hornos de tejas en Tunte - (2 unidades)	San Bartolomé de Tirajana
Horno de tejas Barranco de Tirajana	San Bartolomé de Tirajana
Horno de tejas Las Meleguinas	Santa Brígida
Horno de tejas La Montañeta (Tenteniguada)	Valsequillo
Horno de tejas Los Hornos (El Helechal)	Valsequillo
Horno de tejas Palmito	Moya
Horno de tejas Carrera (Trujillo)	Moya
Horno de tejas Hoya Viva	Santa María de Guía
Horno de tejas Hoya La Higuera	Santa María de Guía
Horno de tejas Barranco El Calabozo	Santa María de Guía

Fuente: Elaboración propia basada en Carta Etnográfica de Gran Canaria (<http://www.fedac.org>).

FUENTES Y BIBLIOGRAFÍA:

- ARCHIVO HISTÓRICO PROVINCIAL DE LAS PALMAS. Fondo Protocolos Notariales. Escribano Teodoro Calderín. Protocolo N° 898, folio 49 r. y testamento de Francisca Ramos, vecina de San Juan de Telde, ante el escribano público Pedro Fernández de Chávez, protocolo 276, de fecha 31 de mayo de 1570, f. 340r-348r.
- Boletín Oficial de Canarias N° 67. Miércoles 7 de abril de 2010. ANUNCIO de 16 de marzo de 2010, por el que se hace público el Decreto PH 39/2010, de 1 de marzo, que incoa el procedimiento para la declaración de Bien de Interés Cultural, con categoría de Monumento, a favor del Horno de ladrillos y tejas, situado en El Madroñal, término municipal de Santa Brígida.
- CASTRO FLORIDO, A.: *Arqueología Industrial en Las Palmas de Gran Canaria durante la Restauración (1869-1931)*. Ediciones del Cabildo de Gran Canaria.
- HANSEN MACHÍN, A.: *Geografía de Santa Brígida*. Ayuntamiento de Santa Brígida, 2001.
- LOBO CABRERA, M./ QUINTANA NAVARRO, F.: *Historia de la Villa de Santa Brígida*. Ayuntamiento de Santa Brígida. 2003.
- PÉREZ NAVARRO, D./SANTANA MARTÍN, Mª C.: "El Horno del Madroñal". *Revista Turcón*. Abril, 1998.
- QUINTANA ANDRÉS, P.: "El hábitat y la vivienda rural en canarias: Las transformaciones históricas de un espacio social". *Revista Rincones del Atlántico* N° 5. Tomo I. Págs. 17-79.
- SOCORRO SANTANA, P.: *El pueblo que surgió del bosque (Guía turística y cultural de Santa Brígida)*. Ayuntamiento de Santa Brígida. 2000.
- SUÁREZ MORENO, F.: "La piedra, la cal y otros materiales, en la ingeniería hidráulica canaria". *Revista El Pajar*. Cuaderno de Etnografía Canaria. N° 9. Agosto 2001.
- SUÁREZ MORENO, F.: *Ingenierías Históricas de La Aldea*. Ediciones del Cabildo Insular de Gran Canaria. 1994. Págs. 283-287.
- SUAREZ MORENO, F. / SUÁREZ PÉREZ, A.: *Guía del Patrimonio Etnográfico de Gran Canaria*. Cabildo de Gran Canaria, 2005. Págs. 91-92.
- ZAMORA MALDONADO, M.J.M. Y JIMÉNEZ MEDINA, A.M.: "La elaboración de tejas y ladrillos en el Noroeste de Gran Canaria". *Revista Tenique*, n° 4, pags. 147-228. Santa Cruz de Tenerife, 1998.

Programa de Mantenimiento Aeronáutico



Eduardo Serradilla Echarrí

Director General
Servicios Aerotécnicos Insulares S.L.
Centro de Mantenimiento EASA-ES-145-216

1.- INTRODUCCIÓN

Desde que a principios del siglo XX, el ignorado neozelandés Richard Pearse realizase sus primeros vuelos tripulados unos meses antes del afamado vuelo de los hermanos Wright (ya entonces una imagen valía más que mil palabras), hasta nuestros días, mucho se ha desarrollado la industria aeronáutica.

Desde la época del piloto-ingeniero hasta la especialización temática actual, el proceso de innovación paralela de la industria y la aeronáutica, lamentablemente soportada por la sucesivas guerras y enfrentamientos tecnológicos, conforman una maraña de actividades cruzadas y entrelazadas entre la industria y la aeronáutica, llegando a confundir o fundir los caminos con un punto en común, de corta pero intensa historia, como es el desarrollo de los sistemas de comunicación e información.

Las nuevas tecnologías sucesivamente actualizadas han ido remplazando a las viejas-nuevas tecnologías trasnochadas, en una permanente sucesión de procesos y procedimientos encaminados a la productividad, economía y seguridad.

Los elevados costes asumidos por la industria aeronáutica (una junta de goma de la misma referencia y fabricante para un vehículo de transporte terrestre, triplica su coste por el hecho de poseer un sello que lo identifica como material aeronáutico), se justifican no solo por la duplicidad de sistemas montados sobre el avión, los procesos de control de calidad a los que está sometido el material (todos conocemos la gráfica Calidad-

Coste), o la alta cualificación del personal implicado que requiere una actualización permanente en su formación; sino también por la estructura administrativa que acompaña siempre a una organización por el hecho de ser aprobada como Organización Aeronáutica.

Estos altos costes soportados implican una búsqueda permanente de la excelencia en el producto y los procesos productivos y, por tanto, en la actualización y modernización en los sistemas de mantenimiento tanto de las aeronaves como de sus componentes.

2.- OBJETIVO

La mejor manera de reducir costes aumentando la seguridad es el procesamiento de información continuo para la mejora de la Fiabilidad, tratando de prevenir los fallos funcionales o potenciales, reduciendo la probabilidad de su aparición y minimizando sus consecuencias en una mejora continua de procesos.

Assumiendo que la posibilidad de aparición de fallos en ningún caso se va anular totalmente, el Programa de Mantenimiento tratará de evitar o minimizar las consecuencias derivadas de un fallo a límites de aceptabilidad, siendo éste su OBJETIVO fundamental.

Este Programa de Mantenimiento está formado por una serie de tareas en cada componente, sistema o zona, definidas en función de su utilización, naturaleza y consecuencias de los fallos previstos.

3.-TAREAS DE MANTENIMIENTO

Los tipos habituales de tareas se encuentran detallados en el Cuadro 1, que serán utilizados en función de tres tipos de mantenimiento:

INSPECCIÓN	ACCIÓN
ADJ	Ajuste / Alineamiento / Calibración
BLD	Sangrado
BO	Inspección Visual Boroscópica
CHK	Comprobación / Chequeo
CLN	Limpieza
DRN	Drenaje
DVI	Inspección Visual Detallada
EC	Inspección por Corrientes Inducidas
ERU	Encendido del Motor
FUT	Test Funcional
GVI	Inspección Visual General
LKC	Comprobación de Pérdidas
LP	Inspección de Líquido Penetrante
LUB	Lubricación
OPT	Test Operacional
MP	Inspección por Partículas Magnéticas
RAI	Eliminación e Instalación
RDG	Lectura
SDI	Inspección Especial Detallada
SRV	Servicio
TT	Tap Test
UT	Test de Ultrasonidos
XR	Inspección por Rayos-X

Cuadro 1

- Condition Monitoring. Evalúa la operación de los sistemas o componentes a través del análisis de datos obtenidos de la operación de la aeronave, evaluando la condición de seguridad de cada uno de ellos.
- Hard Time Limit. Aplicable a componentes de la aeronave que deben ser desmontados y eliminados (Scrapped) o sometidos a procesos de "overhaul" para devolverle su condición de utilizables en las mismas condiciones iniciales, antes del intervalo o tiempo de operación (TBO).
- On-Condition. Aplicable a componentes o sistemas cuyo estado de operación puede ser comprobado, sin ser desmontados de la aeronave, mediante inspecciones. Estas inspecciones deben ser efectuadas dentro de unos plazos umbrales o intervalos que garanticen

su estado operativo hasta el siguiente intervalo de inspección.

4.- PROCESO Y ANÁLISIS DEL PM (Programa de Mantenimiento)

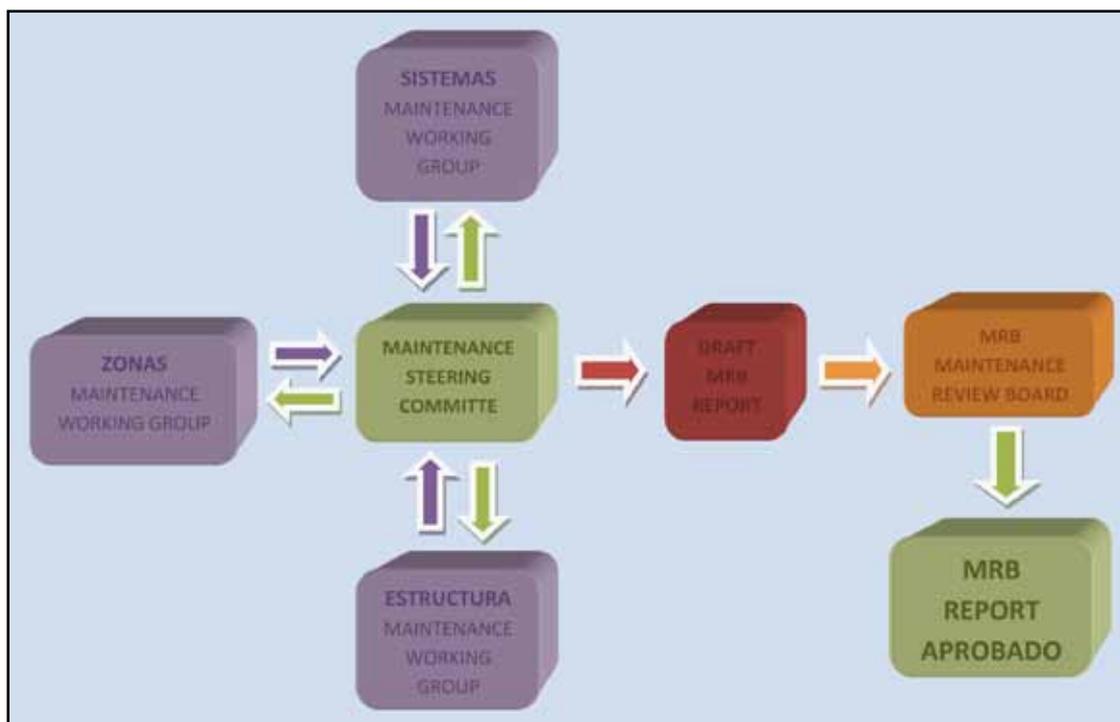
Una vez establecido el objetivo, los tipos de inspección y los tipos de tarea, dividiremos el propio mantenimiento en tres posibles partes por la diferencia de análisis en cada caso; diferenciando si se trata de un Sistema, una Zona o un Elemento Estructural.

En cualquiera de ellos, y a la hora de establecer el primer o sucesivos Programas de Mantenimiento, serán los operadores aéreos, las autoridades aeronáuticas y los propios fabricantes, los encargados de desarrollar un "Proceso de Decisión Lógica" para detectar los puntos críticos, dividir en categorías las posibles consecuencias y definir las tareas necesarias para cumplir el objetivo de seguridad previsto.

El análisis de los efectos analizados, establece la categoría del efecto atendiendo a su importancia en cuanto a Operación, Seguridad y Economía.

Este proceso lógico se denomina Maintenance Steering Group (MSG). Desde los años 60 – 70, con el MSG-1, se define al sistema lógico de desarrollo de mantenimiento programado que incluye seguridad y fiabilidad al mínimo coste. A finales de los 70, con el MSG-2, se introduce el Condition Monitoring como sistema preventivo aplicable a flotas más modernas de la época. El MSG-3 es el sistema actual, nacido a principios de los 80 y desarrollado posteriormente en diferentes revisiones en las que aparecen conceptos como los Programas de Prevención y Control de Corrosiones (CPCP) o Puntos Estructurales Significativos (SSI), así como el tratamiento de las nuevas tecnologías aplicadas a la aeronáutica.

Los grupos de trabajo ISC (Industry Steering Committee) serán los encargados del análisis inicial de una flota nueva, que en base a conocimiento, experiencia en flotas similares, ensayos y pruebas de laboratorio identifican los puntos críticos a tener en cuenta para la elaboración y sucesivas actualizaciones de los Programas de Mantenimiento. Una vez realizado este análisis, pasará a los grupos de trabajo la información necesaria para la elaboración del documento base



Cuadro 2

que definirá, en un futuro, los programas de mantenimiento. Este documento base se denomina MRB (Maintenance Review Board), y define los “Requisitos Mínimos Iniciales” del Mantenimiento Programado de una flota de aeronaves incluyendo sus componentes (Ver Cuadro 2).

5.- MRBR (Maintenance Review Board Report)

Son las Autoridades Aeronáuticas quienes requieren la necesidad del MRB correspondiente. Serán los fabricantes y operadores quienes pro-

pongan los requisitos iniciales que serán sometidos al MRB. Finalmente, serán las autoridades quienes aprueban los requisitos propuestos emitiendo el MRBR (Maintenance Review Board Report).

El MRB, en permanente actualización (Ver Cuadro 3), se mantiene y actualiza en función de la experiencia operativa de la flota afectada, respondiendo a un intento de mejora continua en la Seguridad, Operación y Economía.



Cuadro 3

Está dividido en secciones y apéndices:

- Introducción.
- Programa de Mantenimiento de Sistemas y Planta de Potencia.
- Programa de Inspección Estructural.
- Programa de Inspección Zonal.
- Apéndices en los que se incluye: Las Limitaciones de Aeronavegabilidad, Grupos de Trabajo que han intervenido, Acrónimos, Zonas de avión, Proceso de Revisión del documento, etc...

Una vez aprobado y publicado el MRB como documento de obligado cumplimiento, los fabricantes emiten un documento adicional de ayuda, el MPD (Maintenance Planning Document), que sirve de guía para los operadores. En él se desarrollan todos los requisitos incluidos en el MRB que los operadores suelen utilizar como base documental para la definición final del Programa de Mantenimiento específico de cada una de sus aeronaves, y que incluso puede incluir los elementos diferenciales de una aeronave en particular.

El Operador es el responsable de su ejecución, a través del Responsable de Aeronavegabilidad, con el apoyo de su Organización (CAMO - Continuous Airworthiness Maintenance Organization). Ambos se identifican como los responsables finales del seguimiento de la aeronavegabilidad de sus propias aeronaves.

Los Programas de Mantenimiento detallan el tipo de inspección a realizar en cada zona, sistema, estructura o parte del avión, en función de la utilización a la que está sometida y en base a tres parámetros de seguimiento:

- HORAS DE VUELO (FH). Unidad debida a la operación en vuelo.
- NÚMERO DE ATERRIZAJES O CICLOS (FL). Afecta al envejecimiento del avión en sus sistemas y componentes estructurales, no sólo por el hecho de los aterrizajes o tomas de tierra, sino y muy especialmente, por los ciclos de presurización a los que se somete la propia estructura en cada vuelo.
- CALENDARIO (CA). Envejecimiento por el paso del tiempo, afectando a sistemas y operación, pero muy especialmente a la estructura en zonas de especial sensibilidad a la corrosión.

Básicamente, los Sistemas están asociados a las horas de vuelo, la Estructura a los ciclos de utilización, y las Zonas críticas están asociadas al envejecimiento, siendo tratados de forma independiente. Esto da lugar a Programas Generales de Mantenimiento definidos para utilizaciones de flota medias, con márgenes de aceptabilidad en cuanto a su aplicación. El envejecimiento, que afecta de distinta forma que el resto de unidades, obliga a modificar estos programas por desviaciones significativas de los valores medios estimados, y muy especialmente en el caso de baja utilización.

La tendencia actual, y dado que debe mantenerse control individualizado de cada tarea para cada avión, consiste en limitar, en las tres unidades, cada una de estas tareas. De esta manera, la programación se efectúa de forma personalizada, cubriendo cualquier posibilidad de utilización; puesto que, en cualquier caso, se aplica la limitación que alcance antes, cualquiera que sea la unidad utilizada.

Esto sólo es posible gracias a la utilización de medios informáticos y de comunicación que permiten llegar a este nivel de detalle y seguimiento.

6.- ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

Siendo la CAMO la responsable del control del Mantenimiento y del estado de la Aeronavegabilidad de la aeronave, son los Centros de Mantenimiento (CM) las organizaciones responsables de la ejecución de los trabajos programados y no programados. Estas organizaciones soportan la carga de la operación continuada, y la organización y programación de los trabajos previstos e imprevistos, para cada aeronave o componente.

Tanto las CAMO como los CM, son organizaciones sujetas a la normativa europea y deberán cumplir dicha normativa de forma continuada.

En ambos casos, es EASA (Agencia Europea de Seguridad Aérea), y en nuestro caso AESA (Agencia Española de Seguridad Aérea), las autoridades encargadas de la aprobación, seguimiento y control de ambas organizaciones que deberán cumplir, en todo momento, la normativa aplicable en cada caso: para los CAMO la Parte M, y para los CM, la parte 145 del Reglamento 2042/2003 derivada del Reglamento Base 1592/2002, emitida por la Comunidad Económica



Cuadro 4

Europea y referido específicamente a Mantenimiento (Ver Cuadro 4).

7.- CONCLUSIONES

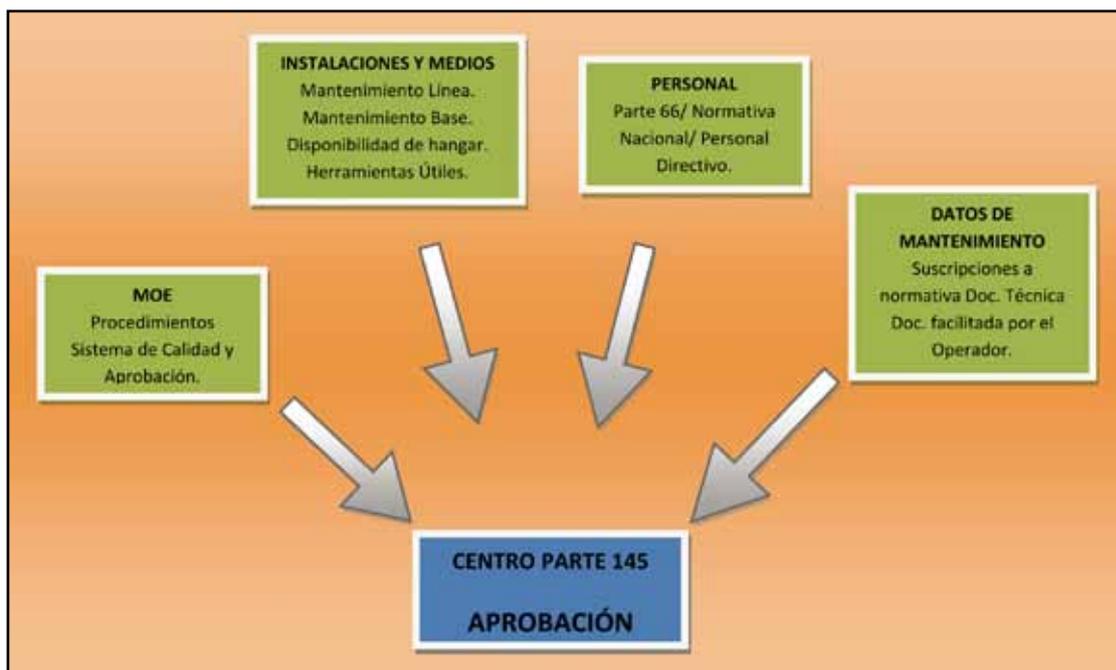
Todos los procesos de prevención asociados a una aeronave deberán siempre ajustarse a sus factores específicos en cuanto a tamaño de flota, tipo de aeronave y condiciones operacionales, teniendo en cuenta los condicionantes que le afectan: climáticos, entorno, aeropuertos, instalaciones, etc.... que definirán, finalmente, las actuaciones de un mantenimiento eficaz.

Aún en las mejores condiciones y la mejor operación, el mantenimiento programado no cubrirá todas las posibilidades y riesgos, por lo que los Centros de Mantenimiento encargados de la

parte correctiva (Mantenimiento en Línea), adquieren una importancia vital para la mejora permanente. Estos Centros aportan una información fundamental para que el engranaje funcione y se actualice con estudios de fiabilidad, mejora de diseños, redefinición y agrupación de tareas de mantenimiento.

La aplicación del mantenimiento preventivo y correctivo a cargo de estas organizaciones (Ver Cuadro 5), nos proporciona la tranquilidad de trasladarnos con la garantía de que la “máquina” funciona correctamente.

Es responsabilidad de todos los implicados, el mantenimiento de estándares de seguridad y confort como objetivo final de nuestra labor.



Cuadro 5

Importancia de Controlar el Agua en Las Instalaciones (II PARTE)



Agustín Santana López

Dpto. de Ingeniería de Procesos
Universidad de Las Palmas de
Gran Canaria

En el artículo anterior de esta Revista (Nº2 de Diciembre 2010), se especificaron las sustancias y concentraciones límites máximas que pueden contener las aguas potables para el consumo humano, según su procedencia, debiendo cumplir el Real Decreto 140/2003, de 7 de Febrero.

El agua potable se puede destinar a los siguientes usos:

- A) Consumo humano.
- B) Agua Caliente Sanitaria.
- C) Piscinas.
- D) Torres de refrigeración.
- E) Calderas de vapor.
- F) Ósmosis inversa.

Según sea el uso, debemos corregir las características del agua potable.

En la siguiente Tabla vemos los parámetros más importantes a tener en cuenta, con los valores límite obligatorios, según el Real Decreto 140/2003.

Las sustancias disueltas en el agua son las causantes de los graves problemas que se presentan en las instalaciones: **las incrustaciones y la corrosión**. Para corregir los efectos negativos, habrá que tratar el agua de forma distinta, según su destino o aplicación.

A) AGUA DESTINADA AL CONSUMO HUMANO

El agua potable no tiene problemas sanitarios, pero es preciso controlar que llegue la suficiente cantidad de cloro libre al grifo más alejado del de-

VALORES LÍMITE OBLIGATORIOS (R.D. 140/2003) en mg/l			
ST	< 1500	NO ₂ ⁻	< 0,5 como N
SD	< 1500	Ca ⁺⁺	< 250
SS	< 2	0,2 < Cl ₂ < 1	
SO ₄ ²⁻	< 250	CaCO ₃ < 500	
Cl ⁻	< 250	Como dureza total	
Mg ²⁺	< 50	Mn ²⁺	< 0,05
NO ₃ ⁻	< 50 como N	O ₂ D	8 mg/l (20 °C)
Na ⁺	< 200	CO ₃ H ⁻	SiO ₂
6,5 < PH < 9,5		NH ₄ ⁺	< 0,5
Turbidez		< 5 UNF	
Conductividad a 20°C		< de 2500 µS/cm	
Ind. de Langelier		- 0,5 < I.L. < + 0,5	
Bact. coliformes		0 UFC en 100 ml	

pósito suministrador.

Una concentración de cloro libre entre 0,2 y 0,5 mg/l es la adecuada para inhibir el desarrollo bacteriano causante de los problemas sanitarios.

El agua se suministra a las viviendas de dos formas: **directa** o **indirecta** a través de un sistema de bombeo desde el depósito acumulador-reserva.

En el caso de ser **directa**, es probable que lle-

que a todos los destinos con cloro libre suficiente. No obstante, deben controlarse periódicamente los puntos más alejados y comprobar que tienen más de 0,1 mg/l de cloro.

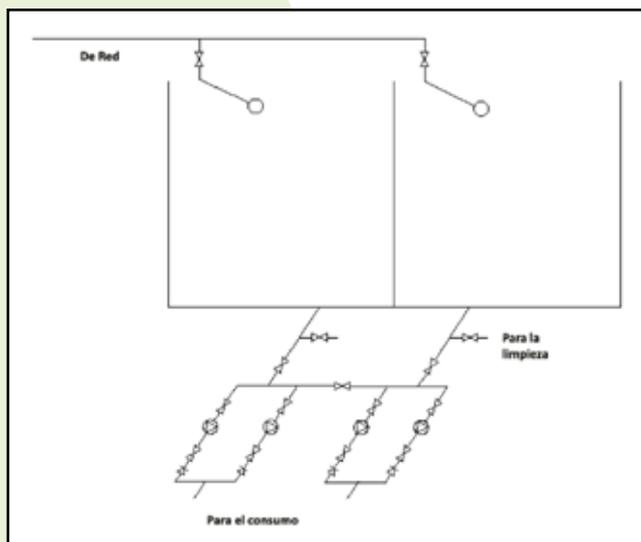
Si se suministra de forma **indirecta**, el agua entra primero en un depósito con capacidad de almacenamiento, como mínimo de 2 a 4 volúmenes el consumo diario, y que en muchos casos, es combinado directo y con bomba desde el depósito cuando desciende la presión de abasto. En este último caso, nos vamos a encontrar con el problema de los sólidos en suspensión (partículas de sílice, materia orgánica y sales insolubles de tamaños inferiores a 100 micras y mayores de 0,45 micras) que se van decantando en el fondo del depósito, creándose una película que puede llegar a tener un espesor considerable, donde no llegará el oxígeno ni el cloro, dando lugar a que se desarrollen bacterias anaerobias, que en su metabolismo generan compuestos tóxicos como el amoníaco y el ácido sulfhídrico que darán mal sabor, olor y toxicidad al agua.



Por las razones expuestas anteriormente es necesario disponer el volumen reserva, en dos depósitos intercomunicados exteriormente, con el fin de que cuando se limpie el depósito, aproximadamente una vez al año, tengamos el otro de reserva y contra incendios. También es importante resaltar que, al disponer de dos depósitos, puede dedicarse uno a agua sanitaria y el otro para agua descalcificada, sin que nos perjudique las reservas ni las condiciones de emergencia.

El agua de los depósitos debe controlarse diariamente. Es importante medir la concentración de cloro libre, y si no se detecta, debe añadirse entre 0,5 y 1 mg de Cl₂ por litro (0,5 y 1g de Cl/m³). Con esta adición le damos un choque de cloro, garantizando la calidad bacteriológica del agua.

Por lo tanto, la mejor garantía para que el agua



no origine problemas sanitarios, es la de mantener una concentración de cloro libre entre 0,2 y 0,8 mg/l.

A.1.- Cálculo para dosificar el cloro en los depósitos

El hipoclorito sódico (lejía sin aditivos) es la solución más barata, y muy efectiva, para eliminar la mayoría de las bacterias. Mientras exista cloro libre en el agua, las bacterias que no sean destruidas no se podrán desarrollar. El hipoclorito sódico se vende en los centros comerciales con una concentración aproximada de 40 g de Cl₂ libre por litro y a nivel industrial hasta con 150 g/l. Es estable a pH alto, baja temperatura y fuera de la luz solar. En su manipulación se debe tener mucha precaución, usar guantes y gafas protectoras, pues es tóxico e irritante.

A.2.-Cálculo para determinar el hipoclorito sódico de 40 g/l que se debe añadir

Partiendo de una lejía con 40 g de Cl/l, la cantidad que hay que añadir a un metro cúbico (1.000 litros) de agua para que contenga 1 g de cloro es:

$$\frac{1.000 \text{ ml}}{40 \text{ g de Cl}_2} = \frac{x}{1 \text{ g}} \Rightarrow 25 \text{ ml de lejía}$$

Con una probeta se añaden 25 ml de lejía por cada m³ que tenga el depósito, en un cubo limpio con agua y atado a una cuerda. Luego se hunde dicho cubo y se agita (dejando hundir y subir varias veces para que se mezcle). La concentración de cloro libre, antes y después de la adición, se puede determinar utilizando un kit de cloro como el utilizado en piscinas por contraste de coloración.

Una forma de desinfectar los alimentos que se vayan a consumir crudos, es lavarlos en una bandeja con agua, añadiéndole 3 gotas de lejía de 40 g/l por cada litro de agua, quedando ésta con una concentración de 6 mg de Cl/l. Después dejarla escurrir, sin enjuague posterior.

A.3.- Dureza del agua

La concentración del calcio y del magnesio expresada como carbonato cálcico define la dureza del agua, que es la causante de las incrustaciones y se clasifican en:

TIPO DE AGUA	CaCO ₃ mg/l	° Francés*
Blanda	< 50	< 5
Semi dura	50 < d < 100	5 < d < 10
Dura	100 < d < 200	10 < d < 20
Muy dura	200 < d < 300	20 < d < 30
Extrema dureza	d > 300	> 30

* 1 grado Francés es igual a 10 mg de CaCO₃/l

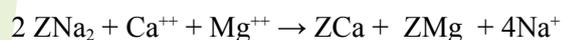
La dureza la originan los iones de calcio y magnesio, disueltos en el agua en forma de bicarbonatos, Ca(CO₃H)₂, que son solubles y al calentarse, se descomponen formando carbonatos, que son insolubles y precipitan originando las incrustaciones.

El CaCO₃ no es soluble y se encuentra en las aguas con pH > 8,2.

Otros problemas que originan la dureza son: no hacer espuma con facilidad, consumiendo más jabón y no cocer bien las legumbres.

Cuando la dureza es alta (> 100 mg/l) se recurre a descalcificar el agua con un intercambiador iónico. La descalcificación consiste en unas resinas catiónicas (zeolitas) que tienen iones de sodio y los intercambian por los de calcio y magnesio que quedan retenidos en la resina.

La reacción es:

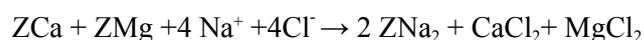


Podemos observar que entra 40 de calcio

(peso atómico Ca), 24 de magnesio (peso atómico Mg), y se sustituyen por 4 iones de sodio (Na), con peso atómico 23, incrementándose la concentración de SD en 28 mg/l. Este intercambio modifica el Índice de Langelier (I.L.), quedando el agua blanda (lava mejor) con más sodio, sin dureza, pero corrosiva.

Hay que tener en cuenta que la corrosión es irreversible, mientras que las incrustaciones se pueden eliminar con ácido sulfúrico o clorhídrico.

La regeneración de las resinas se realiza con salmuera (disolución saturada de sal común) ocurriendo la reacción inversa:



El CaCl₂ y el MgCl₂ son eliminados por el desagüe. Las resinas quedan activadas para seguir descalcificando.

A.4.-Ejemplo de cálculo de un descalcificador

Para instalar un descalcificador deberá dimensionarse el volumen de resina necesaria, sabiendo que un litro de resina intercambia unos 60 gramos de carbonato cálcico (CaCO₃/l). Por ejemplo, para dimensionar un intercambiador de 10 m³/día, con una dureza de 20 °Francés (igual a 200 mg de CaCO₃/l), hará falta un descalcificador de:

$$200\text{mg/l} \rightarrow 200\text{g/m}^3 \times 10\text{m}^3/\text{d} = 2000\text{g/d de CaCO}_3$$

$$V_{\text{resina}} = \frac{2.000 \text{ gCaCO}_3}{60 \text{ g/l}} = 33\text{l / día}$$

Será necesario adquirir un descalcificador de unos 60 litros de resina para que se regenere cada dos días.

Como el volumen de reserva debe estar dividido en dos depósitos, se puede utilizar uno para agua descalcificada.

A.5.- Los sólidos en suspensión (SS)

Los filtros no eliminan los SD, sólo las partículas mayores que la luz del filtro que se haya colocado: lo normal es que se encuentre entre 5 y 50 micras. Cuanto más pequeña es la luz del filtro, más limpia saldrá el agua, pero se colmatará más rápido y originará mayor pérdida de carga,



necesitándose mayor presión de suministro. Las aguas deben tener la menor concentración de SS, puesto que son los responsables de los sedimentos en los depósitos; y la presencia de estos dificultan la desinfección de las aguas, sobre todo, si contiene materia orgánica que formaría, con el cloro, las cloraminas, inhibiendo la eficacia del cloro, debiendo dosificar en exceso.

Los filtros con carbón activo mejoran el sabor del agua —así como aromas u olores— al eliminar el cloro libre, sin modificar su concentración en sales disueltas.

Los filtros originan problemas si no se controla periódicamente su limpieza. Debemos tener en cuenta que las partículas retenidas forman una película adherida a la capa filtrante, que va haciendo cada vez más efectiva la filtración del tamaño de las partículas, que a su vez hacen de filtro. El lodo retenido es un medio muy apropiado para el desarrollo bacteriano, llegando a producir cientos de millones de bacterias. De esta forma, se obtiene un agua de consumo muy limpia en cuanto a SS, pero cargada de bacterias. Las bacterias patógenas que se hayan desarrollado pueden originar graves problemas sanitarios.



Los filtros caseiros que se suelen instalar son buenos, pero hay que tener mucho cuidado: deben limpiarse y desinfectarse, por lo menos, una vez por semana y seguir las instrucciones de mantenimiento por las razones expuestas anteriormente.

El tratamiento más completo para obtener un agua para beber, preparar comidas, café, etc., es la ósmosis inversa. Ésta, cuando se realiza en aguas con pocas sales —en cantidades menores de 3.000 mg/l— no necesita altas presiones (como con el agua del mar que tiene unos 36.000 mg/l y necesita unos 65 bares de presión). Para el agua potable, una presión de 2 a 3 bares es suficiente para obtener un agua de buena calidad. Por ejemplo con un agua con una concentración de SD de 2.000 mg/l, la ósmosis inversa puede dar un agua producto con menos de 200 mg/l de SD, sin dureza y prácticamente sin sodio (corrosiva).

La ósmosis inversa casera produce entre 20 y 60 litros por día, suficiente para el consumo de una vivienda. Hay que tener en cuenta el rechazo de agua.

Cuando se trata de aplicar la ósmosis inversa a nivel industrial o plantas medianas, nos vamos a encontrar con el problema del rechazo. Si es mucho caudal y la concentración de sales es mayor de 4.000 mg/l, no se podrá verter a la red de saneamiento. Habrá que cumplir las normas referentes a vertidos.

B) AGUA CALIENTE SANITARIA

El calentamiento del agua afecta en gran manera al Índice de Langelier, haciendo que el agua pase de corrosiva a incrustante, según se aprecia en la tabla siguiente:

Ejemplos de calidad de aguas de abasto

	Muestra			
	Nº1	Nº2	Nº3	Nº3a
T	25	25	25	25
pH	8,2	7,65	7,2	↑ pH 8,6
µs/cm a 20°C	1207	1847	900	900
CO ₃ ²⁻	0	0	0	0
CO ₃ H ⁻	91,5	281	23	23
Alcalinidad	150	460	37,7	37,7
SD	576	1166	550	550
Ca ⁺⁺	2,1	67,8	5	5
CaCO ₃	5,3	169,5	12,5	12,5
I.L. a 25°C	- 0,46	+ 0,94	- 1,7	- 0,4
I.L. a 60°C	+ 0,17	+ 1,58	- 1,1	+ 0,24

Podemos observar que las muestras a 25 °C tienen un Índice de Langelier (I.L.) determinado, y que al aumentar la temperatura a 60 °C, el I.L. sube a valores más positivos, por lo que se harán incrustantes.

La muestra N° 1 es ligeramente corrosiva a 25 °C (I.L.= -0,46) y al calentarla a 60 °C se convierte en ligeramente incrustante (I.L. = 0,17) lo que evita la corrosión. Esta es una calidad ideal para su utilización como agua caliente.

La muestra N° 2 es incrustante con un I.L. a 25 °C de +0,94, que a 60 °C asciende a +1,58, muy incrustante, a pesar de tener un pH menor que la muestra N° 1.

La muestra N° 3 es un agua de muy buena calidad, pero muy corrosiva con un I.L. de -1,7 a 25 °C y -1,1 a 60 °C. Si a este agua le subimos el pH a 8,5 queda con un I.L. de -0,40 (ligeramente corrosiva) y a 60 °C queda con +0,24 de I.L., o sea, ligeramente incrustante.

Por lo expuesto, el control del agua caliente debe ser muy riguroso, ya que los cambios de temperatura afectan mucho. Además es necesario añadir algunos aditivos que eviten tanto la corrosión como la incrustación (hay productos comerciales aptos para tal fin).

Es muy conveniente tener un tramo de la instalación que pueda desmontarse fácilmente para observar la acción del agua sobre los materiales a lo largo del tiempo.

C) AGUA DE PISCINA

Para las piscinas, la concentración de sales no tiene tanta importancia como el control bacteriológico, ya que el agua está contaminándose constantemente por los bañistas y por la caída de polvo ambiental, con el agravante de una temperatura apropiada para el desarrollo bacteriano.

Así como el agua de abasto sanitario se encuentra en depósitos fuera de la luz y el cloro no se degrada fácilmente, en el caso de las piscinas, la luz ultravioleta lo descompone en horas. En una piscina clorada que contenga 2 mg/l de Cl₂ a las 7 horas a.m., 5 horas después no existe cloro puesto que la luz solar lo elimina. A partir de ese instante, comienza a gran velocidad el desarrollo bacteriano. Por esto es necesario mantener una

dosificación continua de cloro, con el fin de que el contenido de cloro de la piscina oscile entre 0,2 y 0,6 mg Cl/l.

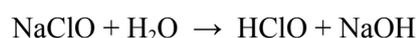
El control bacteriológico de las piscinas requiere un especial cuidado. De ello va a depender que los bañistas no contraigan infecciones digestivas, en ojos, oídos, etc.

El cloro se puede añadir como:

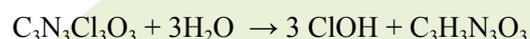
Cloro gas, hipoclorito sódico, hipoclorito de litio, hipoclorito de calcio, ácido tricloroisocianúrico, dicloroisocianurato sódico y ozono.

El **cloro gas** es ideal pero peligroso de manejar. En reacción con el agua produce clorhídrico, que hay que neutralizar con sosa cáustica.

El **hipoclorito sódico** es uno de los más usados, pero en las concentraciones comerciales de 150 g/l se descompone y pierde concentración. Hay que mantenerlo en lugar fresco y fuera de la luz, y se debe dosificar con bomba después del filtro, manteniendo la concentración deseada entre 0,5 y 1 mg/l en el agua de la piscina. La adición de éste sube el pH, y hay que bajarlo hasta un pH de 7,5 con adición de ácido clorhídrico (HCl), que es muy corrosivo, por lo que se debe manipular con mucha precaución y almacenar bien ventilado. La reacción del hipoclorito es:

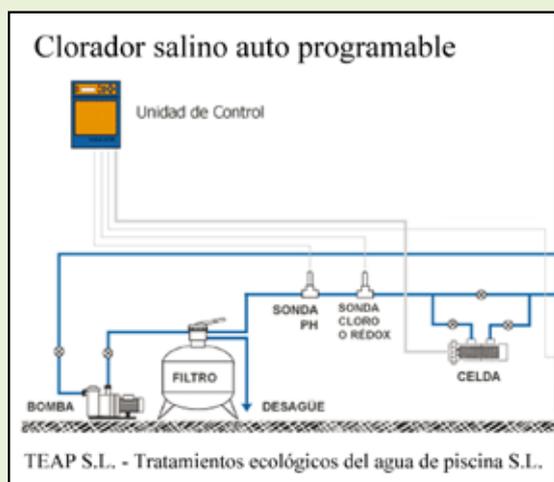


El **tricloroisocianúrico** (C₃N₃Cl₃O₃), contiene hasta el 90% de cloro activo. Al ser su solubilidad pequeña, se puede añadir en pastillas que se irán disolviendo lentamente.



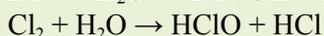
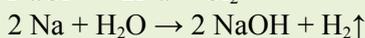
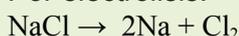
El **ozono** es muy efectivo pero no debe quedar libre en el agua. Se puede producir in situ y no debe llegar al vaso de la piscina, pues en una concentración de 0,2 mg/dm³ ya resulta peligroso por ser tóxico y altamente corrosivo.

La **electrocloración** es el método más cómodo para producir el hipoclorito sin necesidad de almacenamiento. La electrólisis se hace con la misma agua de la piscina, pero para ello, el agua debe tener un alto contenido en cloruro de sodio (de 4 a 7 g/l).



La electrocloración puede suministrar el cloro suficiente para mantener la concentración de cloro deseada, no obstante es conveniente disponer de hipoclorito para las dosis de choque o posibles averías. Las reacciones que transcurren son:

Por electrólisis:



Como se puede observar, aunque la concentración de sales es elevada, estas sales son de NaCl, no carbonatos, que afectarían a las incrustaciones y aumentarían las necesidades de hipoclorito.

Los parámetros que se deben controlar en piscinas son:

Alcalinidad: 500 mg/l

Cloro libre: > 0,5 y < 2 mg/l

pH: entre 7,2 y 7,6

Sólidos disueltos: < 6.000mg/l cuando es tratada con NaClO.

La **alcalinidad** mide los iones CO_3^- y CO_3H^- expresados como carbonato cálcico. Si es baja, se necesita menos desinfectante. Si es alta, se requiere mayor cantidad de desinfectante, y además se precisa más HCl para corregir el pH hasta valores próximos a 7,4.

Un **pH** < 7,2 implica corrosión y formación de cloramina; y un pH > 7,8, precipitación de sales cálcicas y aumento del consumo de Cl_2 .

Los **sólidos disueltos (SD)** aumentan con los productos y el sudor de los bañistas. La baja concentración de sólidos disueltos puede originar corrosión, y la alta, incrustaciones y turbiedad en el agua.

Los sólidos disueltos se pueden controlar vaciando una parte de agua de la piscina durante el lavado de los filtros, para mantener la concentración deseada.

Para el caso de la electrocloración, la concentración de SD debe estar entre 4.000 y 7.000 mg/l de NaCl. Sin este tratamiento, la concentración de SD (referida a los carbonatos) debe ser menor de 1.000 mg/l.

D) AGUA PARA TORRES DE REFRIGERACIÓN

El control principal en aguas destinadas a tal fin es: dureza baja, pH entre 7,8 y 8,2; y Cl_2 entre 0,1 y 1,0 mg/l. Debe tener un I.L. de $\pm 0,5$. El control de limpieza en los puntos muertos es importante para evitar el desarrollo de la Legionela. Para evitar el desarrollo de esta bacteria se debe dar, una vez al mes, un golpe de Cl_2 de 2 mg/l.

E) AGUA PARA CALDERAS DE VAPOR

Las calderas requieren un gran control en las aguas que las alimentan, siendo imprescindible controlar:

Dureza: 0 °Francés ó < 10 mg CaCO_3 /l

SD: 1.000 mg/l

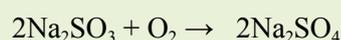
OD (Oxígeno Disuelto): 0,1 mg/l

Alcalinidad: 150 mg/l

Por las características expuestas, aunque sea potable:

- Se debe descalcificar hasta 0°Francés antes de entrar en la caldera.
- Subir el pH hasta 8,5-9 por adición de fosfato trisódico o hidróxido de sodio con dosificador.
- Todas las aguas tienen oxígeno disuelto (OD) dependiendo de la temperatura. Por ejemplo, a 20 °C tiene unos 8 mg OD/l y a 90 °C tiene 1,1 mg/l de OD, por lo que siempre se le debe añadir un reductor que reaccione con el oxígeno libre. Los aditivos más usados son el sulfito sódico y la hidracina. Esta última es muy tóxica, por lo que no se puede utilizar en producción de vapor para uso alimenticio.

El sulfito sódico reacciona:



Y la hidracina:



Como el oxígeno es muy corrosivo dentro de la caldera, siempre habrá que añadirle algunos de los reductores anteriores, y para minimizar la cantidad de estos productos a dosificar, es importante calentar el agua de alimentación lo más posible, eliminando además del oxígeno, el anhídrido carbónico y otros gases que pueda haber.

Respecto al agua en el interior de la caldera de vapor, debe controlarse la alcalinidad y la concentración de SD.

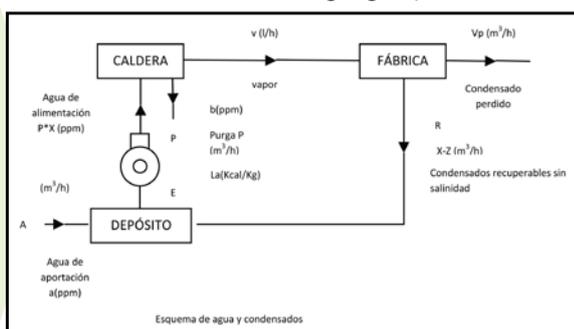
La **alcalinidad** vendrá en forma de Na_2CO_3 , ya que el Ca y Mg han sido previamente eliminados con el descalcificador.

El CO_3^{2-} en el interior de la caldera se descompone debido a la elevada temperatura en CO_2 que, con el agua, produce ácido carbónico. Este ácido reacciona con el vapor condensado en las líneas de retorno, produciendo corrosión.

Sólidos Disueltos (SD). Aunque en el agua de alimentación, la concentración de SD puede estar limitada a 1.000mg/l, este valor va a ir aumentando debido a la extracción de vapor.

Las calderas admiten concentraciones de SD entre 3.000 y 5.000 mg/l, dependiendo de que la caldera sea acuotubular o piro-tubular respectivamente. A mayor presión de trabajo más baja debe ser la concentración de SD. Las concentraciones altas de SD originan arrastres de agua con el vapor de salida.

Para mantener la concentración de SD en un valor de 4.000 mg/l, si la entrada es de unos 800 mg/l, tendremos que realizar purgas (extracciones controladas de agua caliente a alta temperatura), que suponen un coste energético (a 8 bares se extraen unas 180 kcal/kg agua).



Ejemplo del coste de las purgas en una caldera de 5.000 Kg de vapor/hora en función de la concentración de sales del agua de alimentación.

Datos de la caldera:

- Caldera de 5.000 Kg vapor/hora.
- Producción media diaria: 4.000 kg. Vap/h*10 h/d = 40.000 kg/día
- 250 días de trabajo al año.
- Precio combustible 0,3 €/Kg.
- Recuperación del 20% de condensados.
- Agua de abasto: 700 mg/l de SD.
- Presión media trabajo 7 bares.
- Régimen de purgas manual.

Caso 1: Agua sin tratar (con las sales de abasto).

Las purgas son de 6,2 m³/día con un coste de 2.325 euros/año. El coste de la energía perdida es de 8.030 euros/año. Total pérdidas: 10.355 euros/año.

Caso 2: Si el agua se trata por Ósmosis Inversa dejándola con 100 mg de SD.

En este caso, los gastos serían:

Agua de purgas: 715 euros/año.

Coste de purgas: 1.775 euros/año.

Total: 2.490 euros/año.

Coste de energía: 1.060 euros/año.

Total de pérdidas: 821 euros/año.

Ahorro anual: 10.355 – 2.490 = 7.845 euros/año.

Como se puede observar, los SD en el agua que alimenta las calderas de vapor, tiene un coste elevado: a mayor concentración de SD mayores pérdidas por purgas.

F) ÓSMOSIS INVERSA

Cuando el agua se destina a ósmosis inversa debe cumplir lo siguiente:

Sólidos en suspensión: inapreciables. Para conseguirlo, es necesario filtrar el agua, reteniendo las partículas mayores de 5 µm.

Cloro libre: 0 mg/l, ya que afecta a las membranas. Por ello, debe hacerse pasar el agua por un filtro de carbón activo o añadir bisulfito sódico para eliminar el Cl.

pH: Debe ser < 8 para evitar incrustaciones en las membranas.

Sílice: Su contenido debe ser lo menor posible porque no es fácil de eliminar y origina ensuciamiento en las membranas. Se aconseja que su concentración sea inferior a 25 mg/l.

Nuevas Tecnologías y Estándares de Captura de Información para la Mejora en el Mantenimiento

A. Arnaiz, E. Conde, E. Gorritxategi

Fundación Tekniker

1.- INTRODUCCIÓN.

Para poder competir en cualquier nivel productivo o de operación, tanto a nivel nacional como internacional, es necesario que sistemas y equipos funcionen a niveles cada vez más altos de eficiencia, impensables hace un par de décadas. Mejoras en calidad, tiempos de respuesta cada vez más cortos y cambios continuos en la demanda de productos y servicios generan necesidades cada vez más altas de rendimiento en el mantenimiento.

A su vez, las actividades de mantenimiento han evolucionado de manera clara en las últimas dos décadas con respecto a:

- Mayor control de los tiempos de disponibilidad, eficiencia energética, mejores indicadores de rendimiento, etc.
- Mejores tecnologías de control, como las de inspección y condición.
- Una mayor conciencia de la importancia de la formación del personal dedicado a las actividades de mantenimiento, incluyendo asimismo al personal de operación (estrategias TPM – Total Production Maintenance).
- Los avances en materia de seguridad, tanto para personas como para las máquinas y de protección del medio ambiente.

Aunque es evidente que en los últimos años esta evolución ha conllevado grandes avances en el mantenimiento, en especial, en el aumento de la disponibilidad y fiabilidad de la maquinaria, también es cierto que todavía se puede recorrer un largo camino para llegar a una optimización completa en muchos ámbitos de aplicación. La optimización de los recursos pasa por estudiar bien los costes y los riesgos que significan realizar mejoras de mantenimiento. Conceptos como producción ajustada, cero defectos, 6-sigma, optimización del ciclo de vida, conceptos Lean (producción/mantenimiento) etc., introducen constantemente nuevos requerimientos a las funciones de operación y mantenimiento, y aunque se está consiguiendo una alta eficacia en el desempeño de las operaciones, todavía es posible mejorar la eficiencia, es decir, el ratio coste-beneficio resultante de dichas operaciones.

En este entorno, con todo tipo de actividades sometidas a una competencia cada vez más global, con cambios en los requerimientos y en los modelos de negocio, es importante saber reaccionar a tiempo a los cambios, e incluso liderarlos. La mejora continua y la excelencia son los dos conceptos principales que permiten esta reacción, y se tienen que basar en el análisis, identificación e implantación de avances, tanto en las tecnologías como en la organización de los recursos.

Este artículo pone el énfasis en las tecnologías relacionadas con la captura de información necesaria para el desarrollo de estrategias pre-

dictivas, en donde el número de tecnologías aplicables al mantenimiento crece de forma inversa al coste de las mismas. Se trata de dar una visión general del amplio abanico tecnológico que ya se oferta para muchas aplicaciones industriales, y que seguramente crecerá en los próximos años. El objetivo es acercarse a las posibilidades existentes, ya que la implantación de las tecnologías adecuadas en el momento preciso puede suponer un salto competitivo para una empresa, mientras que el trabajo con tecnologías inmaduras o innecesarias en un determinado contexto puede suponer un sobrecosto notable.

Es importante destacar que el artículo también incluye diversos estándares y conceptos que van unidos a esta nueva oferta tecnológica, especialmente con respecto a comunicaciones inalámbricas.

2. -INTERNET Y LAS MICROTECNOLOGÍAS

Existen dos tecnologías que se pueden considerar como disruptivas, por el impacto que han tenido a nivel mundial:

- Primero, el uso de dispositivos miniaturizados está incrementando y abaratando el modo en que los datos pueden ser capturados o 'sensorizados'. Asimismo, el impacto es enorme en el mundo de la comunicación, empezando por el producto 'estrella', el teléfono móvil, y siguiendo por todo tipo de sistemas móviles y de comunicación inalámbrica.
- En segundo lugar está Internet, como el sistema de comunicación y almacenamiento distribuido de información. La sinergia con las tecnologías de la comunicación está contribuyendo finalmente a permitir que Internet sea un auténtico soporte para los negocios.

Estas dos tecnologías han revolucionado por sí solas una buena parte del mundo en las últimas dos décadas, no sólo en cuanto a actividades, sino también en cuanto a forma de pensar, de relacionarnos socialmente, de hacer política, etc. Su llegada al mundo del mantenimiento no está lejos, pero antes, estas tecnologías deben convertirse en 'utilidades', en forma de dispositivos que proporcionen una mejora clara sobre los modelos anteriores de mantenimiento.

Como se puede ver en la gráfica siguiente, los costes relacionados con el hardware para las tecnologías de información y comunicación se han reducido seis órdenes de magnitud y siguen bajando.

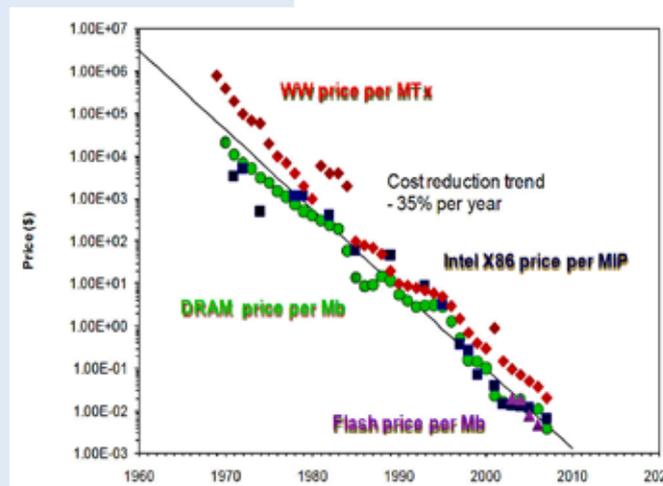


Figura N° 1. Tendencia de reducción de costes en las TICs. (ICKnowledge. <http://www.icknowledge.com>)

Tecnología	Unidad
DRAM	\$/ Megabyte
WW: Espesor de la Oblea	\$/ MTx (Millones de transistores)
Memoria Flash	\$/ Megabyte
Microprocesador Intel	\$/ Mega instrucciones por segundo

3. -TECNOLOGÍAS Y ESTÁNDARES DE CAPTURA DE INFORMACIÓN

Como consecuencia de la irrupción de Internet y las microtecnologías, existen avances tecnológicos que merece la pena mencionar. Aunque este tema no es nuevo, las tecnologías de adquisición de datos son las que probablemente evolucionen más rápido dentro del mantenimiento en la próxima década. La necesidad del uso de sensores apropiados para la monitorización de equipos ha sido reconocida como un área crítica, donde la fiabilidad, eficiencia y seguridad sobre los procesos y/o productos juega un papel muy importante.

Las metodologías actuales de inspección no proporcionan una detección suficientemente temprana del proceso de degradación, por lo que el uso de sensores inteligentes en tiempo 'real' permitirá a medio plazo la optimización del tiempo de vida, reduciendo costes y problemas en la maquinaria. Ésta puede beneficiarse de un aumento de fiabilidad y el personal operacional puede aprovecharse de una reducción de carga en trabajos inadecuados de mantenimiento.

El nivel de miniaturización y coste que se espera alcanzar es de una magnitud similar a la alcanzada en las tecnologías de comunicaciones, por lo que será posible multiplicar el número de puntos sensorizados dentro de cualquier instalación, ya sea un medio de transporte, un sistema de generación de energía o un centro de fabricación.

Se repasan a continuación algunos de los aspectos más novedosos en el campo de la sensorica actual, así como los estándares de comunicaciones personales y locales que están habilitando el uso de muchos de estos sensores de forma inalámbrica.

3.1.- Sensores de fluidos

Los sensores sobre fluidos industriales están comenzando ahora su irrupción en todo tipo de aplicaciones, de forma similar a lo que ocurrió con los sensores de vibración en las décadas de los 80 y 90. Existen numerosos sensores que pueden ser utilizados en distintas aplicaciones. Hasta ahora, los más numerosos son los sensores basados en principios dieléctricos y magnéticos. Sin embargo, en muchos casos el coste de estos sensores es todavía alto con respecto al coste-eficiencia perseguido y destaca, en este sentido, la investigación en sistemas ópticos.



a) Techalert 20 (Techalert)



b) Sensor dieléctrico calidad aceite (Kavlico)



c) Sensor dieléctrico + vibroacústico Viscosidad (Bosch)

Figura N° 2. Diferentes sensores comerciales

Así, la tecnología *thick-film* está consiguiendo sistemas de detección cada vez más pequeños y precisos. Una de las líneas más prometedoras es el trabajo con micro-sensores ópticos, capaces de medir longitudes de onda diversas (visible, infrarrojo, ultravioleta) que pueden correlacionarse con múltiples propiedades de los fluidos lubricantes, hidráulicos, de transformador, etc. Estos parámetros, que hoy deben ser analizados en laboratorios, están empezando a trasladarse a sistemas en continuo. Estos sensores integran diferentes componentes (rejillas de difracción, detectores de luz, cámaras etc.), que se han beneficiado del descenso general de precios relacionado con los dispositivos portátiles y móviles, llegando a tamaños que pueden considerarse ya adecuados para su uso en la mayor parte de la maquinaria, incluidas las necesidades de control de ruido relativo a burbujas, temperaturas, presiones de operación, etc.

Los nuevos sensores en continuo (in-line y on-line) son, por tanto, una solución para muchos de los problemas no resueltos relativos a:

- Acceso a puntos de recogida de información en maquinaria en funcionamiento (lubricación, vibraciones, emisión acústica...), trabajando en condiciones extremas y/o de acceso complicado.
- Detectar etapas iniciales de degradación y desgaste, y funcionamiento anormal de maquinaria, adquiriendo un conocimiento real de la evolución de la degradación en los componentes mecánicos del sistema.
- Establecer un buen mantenimiento predictivo y proactivo con el correspondiente ahorro en el costo: incrementar el intervalo de cambio de aceite, extender la vida de la máquina, reducir paradas no planeadas e incrementar el tiempo de operación, productividad y disponibilidad de la maquinaria.

Sobre esta base, se están desarrollando diferentes dispositivos ópticos para la monitorización en tiempo real de diferentes aspectos relacionados con los fluidos lubricantes.

El fluido lubricante puede ser un indicador muy valioso a la hora de evaluar el estado de la máquina, aportando información sobre desgastes en componentes, fallos en sellados o contaminación con otros fluidos.

Detección de partículas:

Se ha desarrollado un prototipo para cuantificar y detectar la forma y tamaño de las partículas que se generan en los sistemas de lubricación. A diferencia de otros sensores que cuantifican las partículas, este sensor ofrece la posibilidad de conocer la procedencia de estas partículas mediante algoritmos inteligentes, que evalúan el origen en función de la forma y tamaño de las partículas.

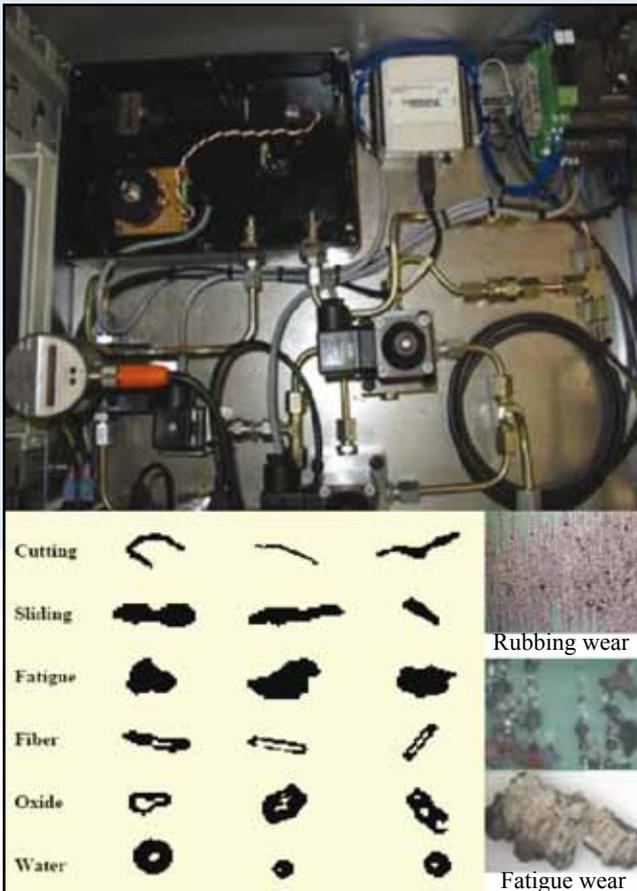


Figura N° 3.

Detección de contaminantes (agua, soot, insolubles...):

Se ha desarrollado un dispositivo on-line, basado en espectroscopia de infrarrojo cercano, para determinar el contenido de diferentes contaminantes mediante cambios de absorbancia en el rango de infrarrojo cercano.

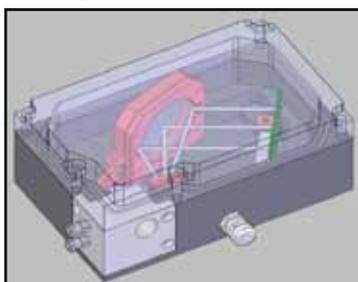


Figura N° 4.

Determinación de la viscosidad del fluido:

Se está trabajando también en un dispositivo que se basa en características magnéticas de ciertos materiales para determinar la viscosidad de los fluidos. La viscosidad es uno de los indicadores más importantes del aceite.

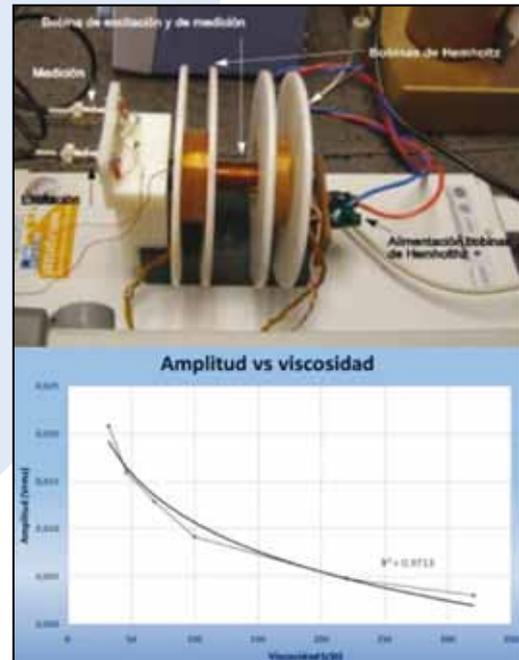


Figura N° 5.

Sensor para determinar el estado de degradación del aceite:

Uno de los desarrollos más avanzados es el sensor para determinar el estado de degradación del aceite lubricante. Se basa en la detección de cambios en el rango visible del espectro de luz para determinar el estado de degradación del mismo. El dispositivo se encuentra pendiente de patente.



Figura N° 6. Patent pending: PCT/ES2010/070582

3.2.- MEMS, 'power harvesting' e Integración

Los Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) son la extensión natural de la revolución de la microelectrónica que ha influenciado notablemente la ingeniería desde la década de los 60. En 1990, el New York Times seleccionó el campo de las micro-máquinas como factor clave para la ingeniería en los años de decadencia del siglo XX y esta predicción parece haber dado en el blanco.

La mayoría de los MEMS se basan en el Silicio. Estos micro-sensores disponen de numerosas ventajas respecto a los sensores convencionales: alta funcionalidad, reducido tamaño, bajo coste y peso ligero. En el sector industrial, los acelerómetros MEMS se están usando como detectores de vibración en numerosas áreas, aunque empiezan a aparecer otro tipo de dispositivos (ópticos...). Su aplicación es muy variada, desde dispositivos en electrodomésticos, hasta elementos de protección en *hardware* móvil.

Existen dos factores principales que hacen atractivo el uso de la tecnología de micro-mecanizado basado en silicio: las casi perfectas propiedades mecánicas y la cómoda tecnología de fabricación disponible.

Además, la industria de los semiconductores permite contar con una tecnología bien establecida a la hora de dotar a los MEMS de mayor inteligencia y de todavía menor consumo. Esto es muy importante, ya que este menor consumo, unido a tecnologías que facilitan la generación de energía en rangos muy pequeños, permite optimizar el uso de las baterías y generar sensores autónomos en lo que se refiere a la necesidad de alimentación. Además, la posibilidad de transmisión de datos por vías inalámbricas, abre la puerta a la oportunidad de sensorizar sin ningún tipo de cable, lo que va a significar una verdadera revolución para el mundo del mantenimiento.

En este sentido, ya se está trabajando en redes de sensores que puedan recuperar información de múltiples puntos de una estructura o equipo, de tal forma que cada unidad de la red:

- Sea lo suficientemente barata para poder introducirla de forma masiva.
- Sea posible operar de forma autónoma (en cuanto a necesidad de alimentación).

- Y que incluya la suficiente inteligencia, para la transmisión de información, la captura de información y la capacidad de auto-extraer la energía necesaria para su funcionamiento.

En la Figura N° 7, se puede ver un prototipo resultado de esta tendencia de miniaturización, todavía en fase de experimentación, en el mundo aeronáutico. Se trata de un sistema integrado formado por diferentes niveles MEMS, incluidos un temporizador, un acelerómetro triaxial, varios sensores de temperatura, un detector de humedad y un sistema de recuperación de energía que proporcione la suficiente energía para hacer funcionar el sistema y poder transmitir la información requerida (la suya y la que le llegue a través de sensores vecinos).

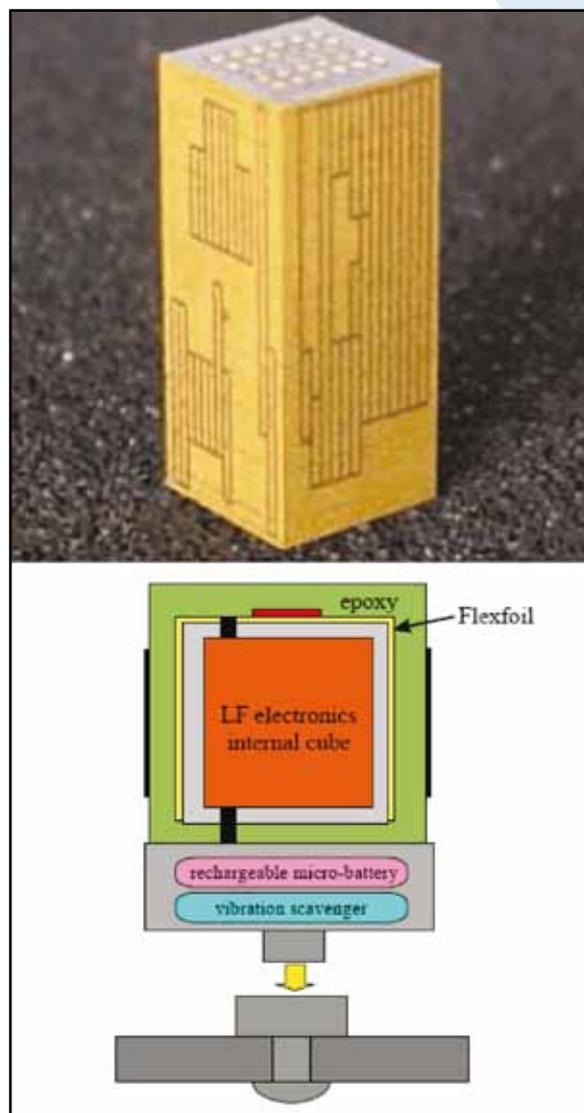


Figura N° 7.

Diseño y demostrador de sistema integrado para aplicación aeronáutica. El objetivo es introducir un amplio número de sensores en la cabina de un avión (de 500 a 3.000) para lograr una monitorización distribuida y robusta (Nicole et al, 2010)

Por último, una de las ventajas de la micro-fabricación está en la reducción de los costes de replicación, que hace que, para un sensor como el de la figura anterior, se llegue a considerar como objetivo de venta, los 100 euros.

Finalmente, una línea de gran actualidad está relacionada con el aprovechamiento de elementos que existen en cualquier maquinaria, para obtener asimismo información del estado del componente. Este es el caso, por ejemplo, de rodamientos que incorporan, de nuevo, sistemas MEMS directamente en los materiales de la superficie de los rodamientos. El potencial de este tipo de combinaciones es enorme, facilitando la integración de elementos sensores, sin necesidad de espacio adicional, en los puntos más críticos, a la hora de obtener información del comportamiento de la maquinaria.

3.3.- Monitorización estructural

La monitorización estructural (SHM) es un campo en clara ascendencia que afecta a entornos tan variados como el fuselaje de aviones, las torres y palas de sistemas eólicos, la estructura de edificios e infraestructuras como puentes y vías de ferrocarril.

Se puede indicar que, en este momento, se está pasando de conceptos y demostradores, a prototipos viables para su implantación. Aunque Nordström (2009) indica que sólo unas pocas tecnologías son capaces de tratar este tipo de fallo de forma remota en minería DIC (Digital Image Correlation), Termografía infrarroja y Sensores

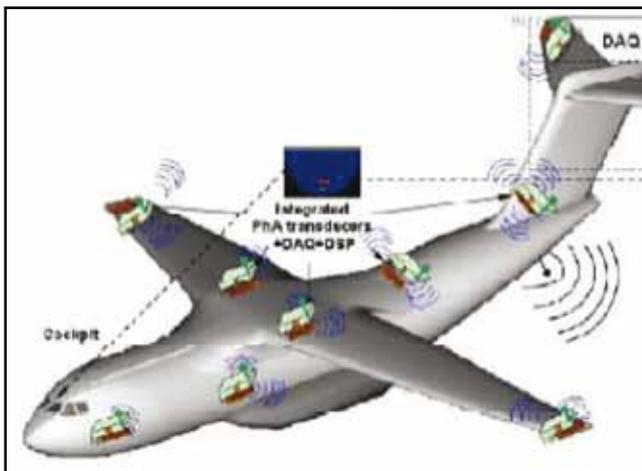


Figura N° 8.

Sensores de ultrasonido para estructuras de los aviones. Se tratan de sensores con power harvesting que colocados en la estructura de los aviones monitorizan los posibles problemas que puede haber en el fuselaje

Fluorescentes. En infraestructuras se están ensayando también diversos esquemas como: la utilización de sensores de fibra Bragg para monitorizar en continuo las tensiones en red viaria (Tam Liu et al 2004), Sensores elasto-magnéticos para el control de stress en cables y tensores, y peak sensor para análisis de deformaciones y desplazamientos de pedestales y aceros de tipo TRIP que van cogiendo propiedades ferromagnéticas según se van degradando (Tominaga 2001).

3.4.- Comunicaciones Inalámbricas

Las arquitecturas de comunicación para sistemas industriales han evolucionado mediante tres paradigmas. El primero fue el paradigma de la conexión en paralelo, conectando los dispositivos mediante la aproximación punto-a-punto. Este paradigma se quedó obsoleto con la introducción de la tecnología de bus de campo, que permite usar una única línea para proveer energía, control y funciones de configuración para los dispositivos. Este segundo paradigma creó el abanico de soluciones que se encuentran hoy en día en el mercado. Sin embargo, nuevos requisitos como ancho de banda, flexibilidad, escalabilidad, etc., y las tecnologías y aplicaciones de Internet, posibilitaron el reconocimiento del Ethernet Industrial como el tercer paradigma, que fue promocionado como "el estándar en el entorno industrial": Redes conectadas que se comportan de manera determinada y se enfrentan a las restricciones de la comunicación en tiempo real.

Esta situación está cambiando con el crecimiento exponencial de las redes inalámbricas. Hay innumerables situaciones en la industria en las que se pueden aprovechar los beneficios de estas redes, particularmente de la posibilidad de conectar varios dispositivos con movilidad. Adicionalmente, las tecnologías inalámbricas tienen otras ventajas como son: la reducción de costes de cableado, la posibilidad de instalar equipos en áreas con presencia de sustancias químicas agresivas capaces de dañar los cables, y la flexibilidad a la hora de realizar rápidas reconfiguraciones en las plantas.

En conclusión, uno de los principales hitos en el desarrollo de nuevos sistemas on-line de mantenimiento predictivo es el establecimiento de sistemas de comunicación inalámbricos, especialmente en el ámbito de las redes personales (WPAN-Wireless Personal Area Network) y loca-

les (WLAN-Wireless Local Area Network), que son las que facilitan la comunicación entre los sensores y dispositivos móviles, y los sistemas de 'pasarela' (*Gateway*), que permiten almacenar la información en sistemas locales para su distribución posterior. En este caso puede ser tanto

cia de radio. Con la tecnología 802.11b el rango en interiores es desde 30 m a 11Mbps hasta 90 m a 1 Mbps. El estándar 802.11x (x comprende las letras que definen las distintas variantes) está diseñado para la transmisión de grandes paquetes de datos, y su rendimiento baja considerable-

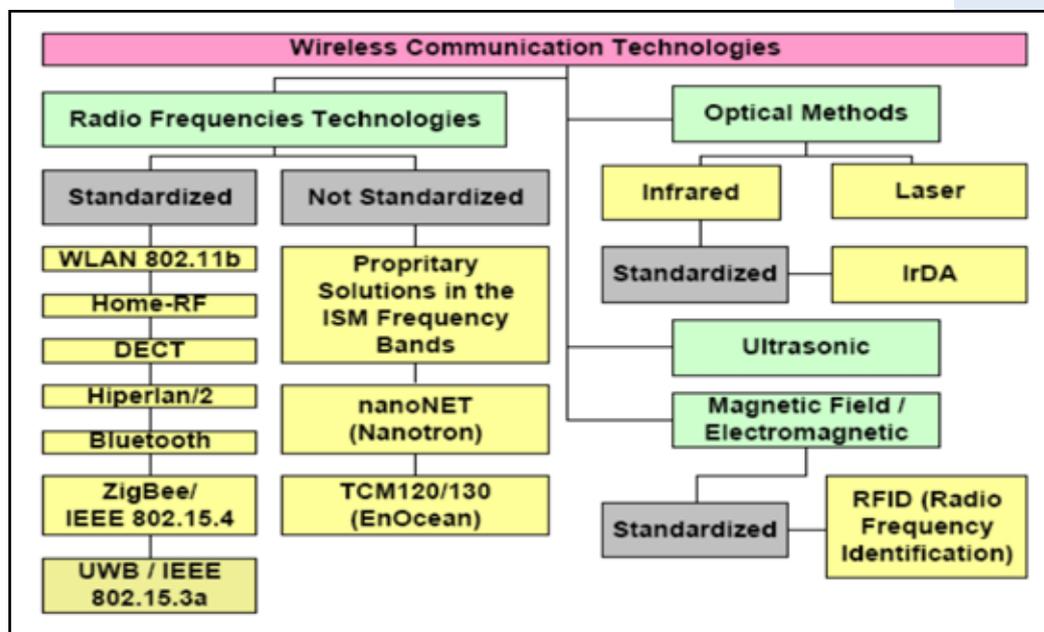


Figura N° 9. Tecnologías y estándares de comunicación inalámbrica en WLAN y WPAN (Holmberg, 2010)

por cable (protocolos Internet), como, de nuevo, por vía inalámbrica de área extendida (WWAN-Wireless Wide Area Network), tales como GPRS, GSM, UMTS, EDGE.... Una síntesis de las tecnologías más importantes en esta área se puede observar en la Figura N° 9.

Entre estas tecnologías, destacan la WIFI, Bluetooth y Zigbee, aunque otras, como WiMedia UWB (Ultra Wide Band), ofrecen grandes oportunidades en comunicación inalámbrica multimedia de rango corto. Las especificaciones de WiMedia UWB han sido diseñadas y optimizadas para redes inalámbricas de alta velocidad en área personal (480 Mbps o más), baja capacidad multimedia para PC, CE (Consumer Electronics), móvil y segmentos del mercado de automoción.

Los diferentes estándares WIFI (IEEE 802.11) se usan de manera generalizada y están disponibles comercialmente bajo las referencias 802.11a, 802.11b y 802.11g. Para los sistemas de comunicación inalámbricos, el rango de transmisión con los estándares 802.11 depende de varios factores, como son: la cantidad de datos a transmitir, la potencia de transmisión o la frecuen-

mente cuando el tráfico consiste básicamente en números y pequeños paquetes de datos, en comparación a 802.15x.

Bluetooth (IEEE 802.15.1) es una especificación para redes inalámbricas personales, creada originalmente con la intención de eliminar los cables entre dispositivos como teléfonos móviles, PDAs, ordenadores portátiles y sus accesorios. Todos los dispositivos pueden ser interconectados para coordinarse e intercambiar información mediante una conexión inalámbrica, desestructurada y de corto alcance. Bluetooth también utiliza la frecuencia 2.4 GHz de la banda ISM y el rango de transmisión varía desde los 10 m hasta los 100 m para los dispositivos Bluetooth de alta potencia.

ZigBee (IEEE 802.15.4) es un estándar inalámbrico desarrollado por ZigBee Alliance (<http://www.zigbee.org>). El consorcio ZigBee define a este conjunto de protocolos de alto nivel, con capas de red y aplicaciones por encima de las capas física y MAC (Media Access Control- capa Control de Acceso al Medio) que ofrece el IEEE 802.15.4. A diferencia del Bluetooth, ZigBee so-

porta un gran número de nodos (mediante su espacio de direccionamiento de 64 bits) en redes con estructura de estrella, maraña y árbol de clústeres. Sin embargo, para lograr una buena eficiencia energética en las capas física y MAC, Zigbee está optimizado para transmisiones de corto alcance, por lo general 10m, con una velocidad de datos máxima de 250 Kbps.

4. CONCLUSIONES

Este artículo presenta una serie de tecnologías y estándares enfocados a la monitorización on-line que pueden suponer una mejora sustancial en la eficiencia del mantenimiento en la próxima década, a través de su integración en lo que se denomina e-mantenimiento (Holmberg et al 2010).

Sin embargo, para poder realizar cualquier mejora que signifique un cambio sustancial de actividades en una organización, es también necesario tener en cuenta la cultura de la organización. Para implementar un cambio, es necesario entender que la mejora no se acaba una vez puesta en marcha, sino que hay que perseguirla para poder mantenerla en el tiempo. Una de las razones de que la tecnología no se mantenga, es que, al principio, suele haber medios, humanos y técnicos, para poder realizar programas de man-

tenimiento; pero estos medios se redirigen para realizar alguna otra tarea y el nuevo programa de mantenimiento que se ha tratado de implementar ya no vuelve a funcionar. Otra de las razones es la falta de formación y/o motivación del personal a cargo de los cambios. Es, por tanto, necesario controlar los factores organizacionales y humanos en línea con los cambios tecnológicos.

En definitiva, es necesario que, en cada situación, mantenimiento lleve a cabo una toma de conciencia de su situación y de la del entorno al que presta servicio. Mantenimiento debe ser cómplice implicado en los pasos de renovación de conceptos y de búsqueda de otras soluciones diferentes y/o complementarias a las tradicionalmente aplicadas, pues ya no basta, en la situación actual y en el futuro previsible, haber alcanzado eficacias confortables en la gestión operativa, sino que el camino de la excelencia, en todos los órdenes, es el único válido. En este sentido, el análisis continuo de las opciones tecnológicas a partir de una identificación clara del punto de partida de cada organización, y de los objetivos de mejora, es la mejor forma de aprovechar la ventaja competitiva que pueden dar estas tecnologías. Este artículo pretende precisamente haber dado una visión de las posibilidades que ofrecen las tecnologías predictivas en sus aplicaciones a los conceptos de mantenimiento.

Bibliografía

Gorritxategi E., Arnaiz A., Aranzabe E., Aranzabe A., Villar A (2009): "On-line sensors for condition monitoring of lubricating machinery" COMADEM conference. June 2009. San Sebastián (Spain). pp. 465-472

Holmberg K., Adgar A., Arnaiz A., Jantunen E., Mascolo J., Mekid S. (Eds). (2010): E-maintenance. Springer –Verlag London 2010

Nicole P, Pagazani J., Feral M., Lartigues P., Couderc P., De Raedt W. (2010): Demonstrations of Wireless Autonomous Sensors for Aeronautical Applications. Smart Systems Integration (SSI) Conference.

Nordström (2009): Crack Detection Methods and Ranking for Mining Mill Machinery, COMADEM conference. June 2009. San Sebastián (Spain).

Tam, Liu, Guan, Chung, Chan & Cheng (2004): Fiber Bragg Grating Sensor for Structural and Railways Applications, Polytechnic University Hong Kong.

Tominaga, Sumitro, Okamoto, Kato & Kurokawa (2001): Development of Monitoring Technology for Steel and Composite Structures.

Microturbinas



Sergio Albarrán Castro
Contract Performance Manager
General Electric Energy

Jaime Gervas Triana
Supervisor Mecánico
CEPSA Refinería Tenerife

En un territorio fragmentado como el Archipiélago Canario, formado por seis sistemas eléctricos aislados y con curvas de demanda eléctrica fluctuantes, la función de las microturbinas como solución complementaria a las tradicionales centrales, se plantea cada vez más como una alternativa totalmente válida.

Este tipo de máquina integrada dentro de una RED INTELIGENTE (*SMART GRID*) que permite el desarrollo, máxima eficiencia y aprovechamiento de los sistemas de generación eléctrica, se perfila como un complemento a las centrales clásicas. De este modo, se podrá potenciar el concepto de GENERACIÓN DISTRIBUIDA, que consiste en generar la potencia lo más cerca posible del usuario final, evitando las pérdidas en el transporte eléctrico. También se consigue una mejora en la calidad del suministro, al “prescindir” de las grandes redes de distribución, lo que aumenta el rendimiento energético con la consiguiente disminución de las emisiones.

Las microturbinas son máquinas de combustión similares a las turbinas convencionales pero de dimensiones muy inferiores. La potencia va desde 28Kw hasta 1.000Kw.

Inicialmente las microturbinas fueron concebidas como unidades auxiliares de energía para grandes aviones y para pequeños motores militares. Más tarde se emplearon para los vehículos híbridos y, por último, irrumpieron en el escenario de la generación distribuida.

Como ventajas señalamos:

- Estas turbinas generan unos niveles de emisiones muy por debajo de las turbinas de tamaño superior, estando en torno a 9ppmvd (18mg/m³) de NOx.

- Generan niveles de ruido más bajos que las grandes turbinas; a máxima carga, y a 10 m de distancia, el nivel de ruido está en torno a los 65 dBA.
- Carecen de vibraciones.
- Mediante silenciadores es posible eliminar el ruido en la chimenea y admisión.
- El mantenimiento requerido es mínimo. Se recomienda un cambio de filtros cada 6.000 horas. Los intervalos de las pautas de mantenimiento son superiores a los convencionales (de unas 30.000 horas para la primera inspección mayor), y de un coste muy inferior. Una de las razones es que disponen de una única parte móvil. La vida de este tipo de turbinas está en torno a las 60.000 horas.

Por estas y otras razones, las microturbinas se posicionan en una situación ventajosa frente, por ejemplo, a los motores de combustión interna.

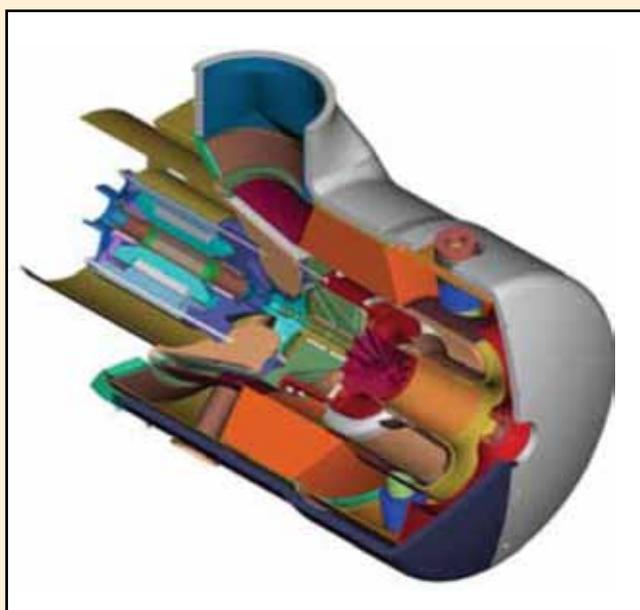


Figura N° 1

CARACTERÍSTICAS

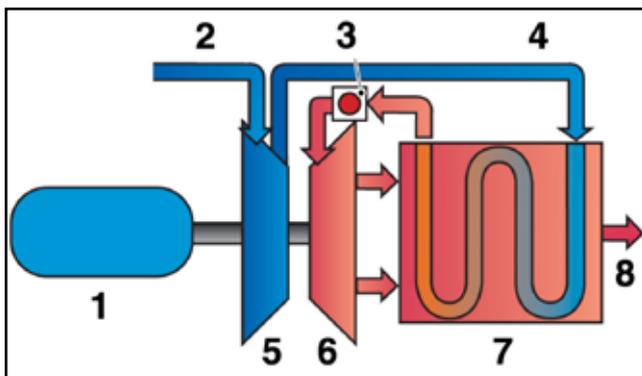
Son muy compactas, tienen reducidas dimensiones y peso, fáciles de transportar y mover. Además la instalación es muy sencilla y de muy bajo coste.

Al ser modulares, se puede incrementar la potencia necesaria, aumentando el número de estos módulos.

Las partes integrantes de una microturбина son: Compresor, Cámara de Combustión, Turbina y Generador.

El aire se comprime en el compresor hasta una presión suficiente para la combustión, el aire frío pasa por el generador para su refrigeración, mediante el recuperador de calor se incrementa la eficiencia (la eficiencia eléctrica está en torno al 30%) ya que se precalientan los gases de entrada con este intercambiador de calor entre los gases de escape y el aire de entrada a la máquina (Ver Figura 2).

En la cámara de combustión se quema la mezcla de aire y combustible. En el caso de que el combustible sea líquido, el sistema de combustión es adaptable y se vaporiza dicho fluido. La combustión de la mezcla se realiza a presión y temperatura adecuada.



- | | |
|---|-------------------------|
| 1. Alternador | 5. Compresor |
| 2. Admisión de aire | 6. Turbina |
| 3. Cámara de combustión | 7. Recuperador de calor |
| 4. Extracción de aire al recuperador de calor | 8. Escape |

Figura N° 2

Los gases resultantes se expanden en la turbina, que gira a más de 100.000 r.p.m. y mueve el generador a alta velocidad para generar la corriente a alta frecuencia, que posteriormente es convertida a 50 ó 60 Hz.

Estas máquinas son *single shaft*. Tienen en el mismo eje, los ejes del compresor, la turbina y el alternador (Ver Figura N° 3).

Algunos fabricantes de microturbinas emplean cojinetes de aire, lo que les confiere una alta fiabilidad, muy bajo mantenimiento, y una operación segura. Durante el funcionamiento se genera una capa de aire que separa físicamente el eje de la turbina de los cojinetes, lo que conlleva la anulación total del desgaste mecánico.



Figura N° 3

Al igual que en las *heavy duties* o turbinas pesadas, las microturbinas están diseñadas para quemar diversos tipos de combustibles: líquido (gasóleo que debe cumplir unas especificaciones concretas), biogás, gas natural... En el caso del gas, la presión de éste debe estar en torno a los 5 bares, con lo que, si la línea de alimentación es de baja presión, se requiere de un compresor adicional. Algunos fabricantes incorporan el compresor en la propia turbina.

Una de las características fundamentales de las microturbinas es su versatilidad. Son máquinas perfectas para ser empleadas como *pickers*: cubrir la demanda de potencia en los picos de consumo, en las horas punta o de mayor consumo, a carga nominal o parcial, en los excesos de demanda de potencia, o pueden funcionar como máquinas de base a plena carga y de manera constante.

Este tipo de turbinas se pueden utilizar en hoteles, edificios, centros comerciales, industrias, cogeneraciones, hospitales, aeropuertos,... La temperatura de los gases residuales, superior a 500°C, se puede emplear para generación de agua caliente sanitaria, climatización e incluso generación de frío mediante máquinas de absorción.

Son las máquinas idóneas para emplazamientos remotos o aislados, donde no es posible otro tipo de suministro. También para situaciones de emergencia, catástrofes o plataformas petrolíferas. Así mismo, se pueden emplear como equipo de generación en plantas de recuperación de gases, además de la ya mencionada aplicación idónea para la GENERACIÓN DISTRIBUIDA.

Técnicas de Dimensionamiento de la Plantilla de Mantenimiento



Juan García Tortosa

Consultor Industrial y de Mantenimiento
Tortosa Ingenieros

1.- RESUMEN

Una de las muchas tareas a las que se enfrenta un Ingeniero Jefe de Mantenimiento, dentro del competitivo entorno industrial actual, es la de dimensionar adecuadamente la plantilla a su cargo. Esta tarea, además de afectar a la productividad de su departamento, afecta a la cuenta de resultados de la empresa, máxime en periodos como los actuales, donde la competitividad empresarial es clave para dar salida a sus productos.

2.- INTRODUCCIÓN

El tamaño de cualquier plantilla productiva no es una cuestión baladí. Tampoco en el caso de un Departamento de Mantenimiento, donde las singularidades de su personal exigen un diseño óptimo que evite, por un lado, roturas de servicio y, por otro, la costosa presencia de recursos ociosos.

No ha sido ésta una cuestión que tradicionalmente se haya estudiado en las escuelas universitarias de Ingeniería. Pensamos en los departamentos de personal o recursos humanos, cada vez que la palabra plantilla acude a nuestra mente. Trataremos de arrojar un poco de luz a las técnicas que hoy en día se suelen emplear en el dimensionamiento del equipo humano de mantenimiento.



Figura N° 1: ¿Recortando el Mantenimiento?

3.- CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTILLA DE MANTENIMIENTO

La plantilla de mantenimiento, en los cada vez más tecnificados sectores industrial y terciario, es cara, especializada y de costosa reposición.

Determinado tipo de técnicas de mantenimiento, como el correctivo o el predictivo, requieren personal altamente especializado. Se trata de un operario que, además de una experiencia de más de 5 años, debe de contar con una titulación y una formación profesional acreditada que garan-

ticen su nivel de conocimiento. Pese a lo abultado de las actuales cifras de desempleo, no existe una elevada oferta de este tipo de perfil.

Por otra parte, en los últimos años he podido apreciar, en mi trabajo de consultor, como cada vez más el conocimiento del proceso productivo, o “know-how”, en algunos sectores, ha ido trasladándose desde los departamentos de producción o explotación hacia el de mantenimiento. El motivo fundamental estriba en la alta rotación de personal que, por políticas laborales, se aplica en los departamentos productivos (la mayor masa laboral de la empresa) frente a la mayor estabilidad que tienen los de mantenimiento.

Todos estos factores expuestos, hacen que en la actualidad sea si cabe, más necesario, el optimizar la plantilla de mantenimiento de nuestras empresas.

4.- DIFERENTES ENFOQUES EN EL CÁLCULO DE UNA PLANTILLA

Una plantilla se puede dimensionar según diferentes enfoques primarios: por costes, por productividad, por reparto de carga de trabajo, por cobertura geográfica, por política empresarial, etc. Normalmente se pretende maximizar, minimizar u optimizar alguno de estos aspectos como eje primario de actuación, intentado que se cumplan de una manera accesoria o secundaria otras cuestiones.

Existen métodos científicos que se podrán emplear para el dimensionamiento de la plantilla en algunos de los enfoques expuestos. Tal es el caso del reparto de la carga de trabajo, los costes o la productividad, entre otros.

Los métodos empleados para el dimensionamiento de una plantilla de mantenimiento pueden ir desde el estudio de los datos de “benchmarking” sectorial, hasta el empleo de técnicas difusas por aplicación de la teoría de subconjuntos borrosos, pasando por el cálculo de sencillos ratios. Cada una de ellas presentará ventajas e inconvenientes, mayor o menor complejidad y la posibilidad de modelizarlas mediante programación o no.

4.1.- Errores más habituales en el cálculo de plantillas

El error más habitual con el que nos encontra-

mos a la hora de estudiar el tamaño ideal de una plantilla de mantenimiento es que nunca se ha realizado tal estudio.

En otros casos, el estudio se hizo hace bastante tiempo, y no se ha actualizado tras cambios coyunturales, de mercado, de proceso o de variaciones en la producción.

Bien es cierto que, en ocasiones, no es el Jefe de Mantenimiento el responsable de tomar estas decisiones. También podemos alegar que el actual marco normativo laboral supone un freno a la adecuación de las plantillas debido a la falta de flexibilidad o a la penalización económica que, en materia de despidos y contrataciones, supone. No obstante, se espera que en breve, se produzca una modificación en el mercado laboral, que podría alterar esta situación, a través de cambios en la aplicación de convenios colectivos, en los tipos de contrato, etc.

Otro error habitual es pensar que dimensionamiento supone reducción. La verdad es que es más frecuente ver plantillas infradimensionadas que con exceso de personal. El empresario sólo ve en este caso, el coste directo, esto es, el coste salarial, sin atender a los costes que, por pérdida de disponibilidad, está causando esa escasa plantilla.

Por último, están aquellos casos en los que se pretende realizar una optimización del tamaño del equipo, pero se desconocen los métodos a emplear o bien la manera de obtener los datos a aplicar.

4.2.- Método de dimensionamiento por estudios de “benchmarking” o intercomparación competitiva

El “benchmarking”, que este autor traduce como “Intercomparación competitiva”, es un concepto relativamente moderno. Fue originalmente creado por la compañía Xerox Corporation, que empezó a aplicarlo en el año 1983, buscando comparar sus productos con los de la competencia.

Básicamente, el método consiste en compararse con otros y actuar en consecuencia. Es un método muy sencillo, que da un orden de magnitud, una aproximación, y que siempre presentará un margen de error.

Entonces, ¿con quién nos comparamos para dimensionar el tamaño de nuestra plantilla de mantenimiento?

Esa pregunta tiene varias posibles respuestas. En principio, y siempre que no estemos inmersos en un mantenimiento de clase mundial (World Class Maintenance), deberemos buscar nuestros pares en nuestro sector, o en su defecto, en sectores afines. Lo ideal es poder compararnos y ajustar el tamaño de nuestra plantilla según el tamaño que tienen las plantillas de un grupo de empresas en el que incluiremos a nuestros competidores más directos, clasificados según cuestiones estrictamente empresariales: cuota de mercado y ámbito geográfico similar, parecido catálogo de productos, tecnologías productivas análogas, idéntica legislación laboral, etc.

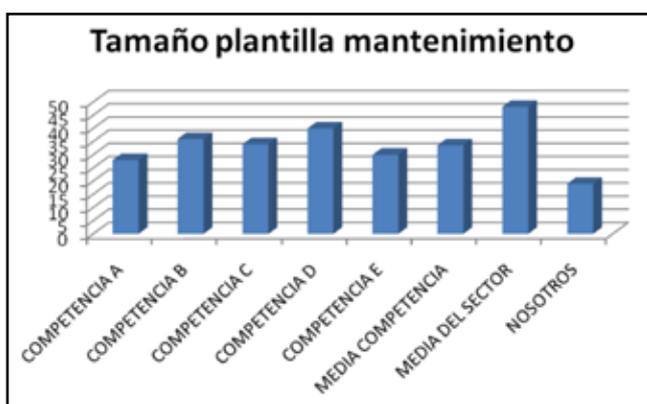


Figura N° 2: Intercomparación competitiva de plantillas

La primera pega que se nos presenta es que posiblemente nuestra competencia no tenga mucho interés en facilitarnos esa información. En tal caso, deberemos recurrir a bases de datos sectoriales como las que tienen algunas asociaciones empresariales o como las que proponen algunos autores.

En el primer supuesto, se encontrarían los datos que pudiésemos extraer de encuestas como las efectuadas por la Asociación Española de Mantenimiento. En otros casos, se podría recurrir a los datos publicados por autores como Emilio Lezana en los textos que la empresa TMI, del grupo ATISAE, publica.

4.3.- Método de cálculo por carga de trabajo estimada

Este es uno de los métodos más sencillos de aplicar y eficaces a la hora de dimensionar una plantilla de mantenimiento.

Consiste en estimar el tamaño de plantilla necesario repartiendo la carga anual de trabajo del departamento, entre la carga máxima asumible por operario.

$$Plantilla = \frac{Carga_trabajo_departamental}{carga_trabajo_operario}$$

El concepto es simple, la dificultad estribará en la obtención del numerador y del denominador de esa ecuación, así como en los matices a aplicar posteriormente. Esos matices, nada desdeñables, pueden ser cuestiones como el absentismo, la productividad, el rendimiento de la mano de obra, etc.

Varios autores han tratado el método, pero a juicio de este Técnico, es Emilio Lezana quien mejor ha sabido plasmar la esencia del mismo mediante la siguiente expresión:

$$Plantilla = \frac{\sum trab_manto}{Dt(1-x)R}$$

Siendo:

∑trab_manto: Carga de trabajo anual en hombres-día/año en todos los mantenimientos y trabajos efectuados por el departamento (correctivo, preventivo, predictivo, etc.)

Dt: Días útiles de trabajo anuales. Se calculan restando a los 365 del año, los que oficialmente puede destinar un trabajador a fines de semana, festivos, vacaciones, días de asuntos propios, etc. Otra forma de calcularlo es dividiendo las horas máximas de trabajo que se establecen en Convenio colectivo entre la duración en horas de la jornada laboral tipo.

X: Absentismo de la plantilla en tanto por uno.

R: Rendimiento de la mano de obra.

De todos los parámetros incluidos en la ecuación, el numerador (la carga de trabajo anual) puede ser el más costoso de obtener, ya que va a obligar a la planificación previa de todo el mantenimiento para poder obtenerlo, esto es, nos va a obligar a introducir todas las gamas de mantenimiento previstas en el sistema de gestión de mantenimiento asistido por ordenador (GMAO) de la empresa, o en su defecto, a calcularlas manualmente.

Respecto a los mantenimientos preventivos o predictivos, no existe mayor problema en calcular la carga de trabajo: bien de manera empírica por experiencia propia, o bien recurriendo a las frecuencias y gamas que proponga el fabricante de los equipos.

Será en el mantenimiento correctivo donde nos podremos encontrar con una mayor dificultad. ¿Cómo sabemos a priori cuántas averías se producirán en nuestras máquinas y cuánto tiempo consumirán? Bien, si la empresa es nueva, se propone estimar el tiempo de mantenimiento correctivo como un 20-30% del que se estimó para el resto de mantenimientos.

En cuanto al absentismo, anualmente se hacen públicas cifras sectoriales, entre las estadísticas que los diferentes observatorios y Administraciones publican, respecto a la evolución de indicadores de accidentabilidad laboral. Valores habituales de absentismo en la empresa privada pueden oscilar entre el 1 y el 6%, según sectores.

Por último, está el factor rendimiento. Este parámetro refleja cuestiones tales como la motivación de la mano de obra, su profesionalidad y experiencia, la rapidez de respuesta y resolución de averías, su velocidad a la hora de diagnosticar los fallos y otras cuestiones relacionadas, en general, con la fiabilidad humana.

Todas estas cuestiones deberán calcularse de forma particular para cada empresa, pero lo que podemos aseverar es que ningún trabajador de mantenimiento emplea el 100% de sus horas en la ejecución de tareas realmente útiles de mantenimiento, piénsese en pausas de almuerzo, en tabaquismo, en desplazamientos, en la fluctuación de la concentración mental, en la relaciones sociales en el entorno laboral, etc.

4.4.- Otros Métodos

Existen más métodos de cálculo de plantillas, entre ellos, citaremos aquel que se basa en cálculos mediante modelos matemáticos, basados en teoría de subconjuntos borrosos. Se pretende con ellos obtener la plantilla que minimice el coste salarial, sin incumplir otros condicionantes secundarios.

Estos métodos, una vez modelizados y programados, permiten hacer multitud de simulaciones,

atendiendo a diferentes escenarios. Requieren una programación y una implementación mediante lenguaje informático, adaptada a las peculiaridades de cada empresa.

La descripción del modelo matemático que la simula, por su complejidad y amplitud, sería merecedora de otros artículos posteriores.

5.- EXIGENCIAS REGLAMENTARIAS

Por último, no se debe de descuidar que muchas veces el tamaño de algunas plantillas puede verse afectado por lo dispuesto en la normativa técnica vigente, que exija unos umbrales mínimos.

Podría ser el caso de empresas que se dediquen al mantenimiento de instalaciones eléctricas, que han de recordar que el Reglamento de Baja Tensión, en su instrucción ITC-BT-03 establece un mínimo de un trabajador cualificado por cada 10 de plantilla estándar.

6.- CONCLUSIÓN

Se ha pretendido mostrar que existen herramientas sencillas que pueden aplicarse al dimensionamiento aproximado de la plantilla de un equipo humano de mantenimiento. Algunas de estas estrategias quedan al alcance de la comprensión de muchas personas, sin excesivos conocimientos previos.

No obstante, este enfoque cuantitativo, debería de ser complementado con otros de tipo cualitativo, cuyo peso final en la composición no debe de ser desdeñado: porcentaje de plantilla propia versus contratada, aumento de la eficiencia conseguido a través de los programas de formación internos, etc.

BIBLIOGRAFÍA.

- Lezana, Emilio (2002): Master en Ingeniería del Mantenimiento, módulo X, Pamplona, España.
- Canós Darós, Lourdes et al (1999): Congreso Nacional de la Asociación Europea de Dirección y Economía de Empresas, Vol. 1. 1999. ISBN 84-95301-10-5
- Boucly, François (1999): Gestión del Mantenimiento, AENOR, N.A. 71.970.
- A.E.M. (2010): Encuesta sobre la evolución y situación del mantenimiento en España, Barcelona, Asociación Española de Mantenimiento.

Evolución del Mantenimiento: Aplicación del Modelo RCM a una Máquina Plegadora KF3



Emilio Manuel Machín Brito

Jefe de Producción
de Informaciones
Canarias, S.A.

1.- INTRODUCCIÓN

Informaciones Canarias S.A. es una empresa que desarrolla parte de su actividad en el sector de artes gráficas, específicamente en la impresión de prensa diaria. Para ello cuenta con una planta industrial en la que diariamente imprime el periódico que edita, así como otros de difusión local, nacional e internacional a editoriales externas. En esta tarea deben considerarse algunos aspectos que determinan la filosofía de trabajo y la perspectiva desde la cual se enmarca su actividad cotidiana:

- Se imprimen productos perecederos. La vida útil de un periódico es menor de 24 horas y, si no está a disposición de los clientes a primera hora de la mañana, se pierde un elevado porcentaje de ventas.
- Se imprimen todos los días del año. A excepción de Año Nuevo, Navidad y Viernes Santo. Esto impide que existan paradas técnicas en fin de semana para actividades de mantenimiento.
- Se imprime en una franja horaria restringida. Como los periódicos a imprimir se tienen que trasladar a otras islas, existe una breve franja horaria muy específica para la realización de los trabajos. Sobrepasar esos horarios implica pérdidas por redistribución o pérdida de la producción.

Hay que destacar que, en caso de fallo en la producción, no sólo se producen pérdidas signifi-

cativas por el producto no vendido sino que, además, se ve afectada la imagen de la empresa al faltar a los lectores en su cita diaria.

Esta directriz se plasma de diversas formas, entre las que destacamos:

- Redundancia en equipamiento cuando el coste lo permite. Es así en el departamento de preimpresión y, en parte, de los departamentos de impresión y expedición.
- Búsqueda de la excelencia en el mantenimiento. En el caso que nos ocupa, la planta de impresión cuenta con una sola rotativa de impresión. Esta rotativa dispone de varios cuerpos de impresión y una sola plegadora (plegadora KF3). Es, por este motivo, por el que esta máquina se convierte en el elemento vital de todo el proceso. La criticidad de este elemento nos conduce a la elaboración de un nuevo modelo de mantenimiento.



Fotografía N° 1: Planta de impresión del Canarias7

2.- HISTÓRICO DEL MANTENIMIENTO

La plegadora KF3 es adecuada para la producción de periódicos.

Esta máquina corta las bandas de papel que entran en productos individuales. Los productos son acumulados o disponen como producción doble de un primer dobléz transversal.

Si no se precisa ningún otro plegado, salen los productos sólo con el primer dobléz transversal en formato tabloide.

Desde mediados del 2003 hasta comienzos del 2006, el objetivo del equipo de mantenimiento era reparar cuando se producía el fallo. "Mantenimiento Correctivo".

Fue a finales del 2005 cuando se comenzó con la redacción y planificación del mantenimiento de dicha máquina, que consistía en las instrucciones de servicio dadas por el fabricante y alguna experiencia que se tenía sobre ella.

Con la implantación en el año 2006 de un Plan de Mantenimiento (Figura N°1), así como, la incorporación de nuevos trabajadores, se consi-



Fotografía N°2: Plegadora KF3

guió estabilizar la tasa de fallos a unos valores admisibles para el proceso productivo.

MANTENIMIENTO AÑO 2006		
HORAS DE TRABAJO DE LA PLEGADORA		
LIMPIEZA		Días
De la parte interior donde se encuentran todas las conexiones hidráulicas		
Limpieza de los ventiladores de los motores Indramat		
Inspeccionar las correas dentadas en la parte superior de la plegadora, lado opuesto operarios		
Limpieza de los cuadros eléctricos		
LUBRICACIÓN		
Nivel de aceite de la bomba hidráulica automática y rellenar con HLP-HM 46 ISO 46. Pág 6-60 y 61		
Nivel de grasa en la bomba de engrase (no llenarlo en exceso ni vaciarlo del todo) y rellenar con PD 1 Pág 8-14 y 15		
CAMBIOS DE ACEITE		
Llenar hasta la mitad del indicador de aceite de Engranajes CLP- ISO 100 y limpieza del filtro interno del carter		
CONTROLAR		
La cuchilla de corte mediante la activación del pin 28 "corte de urgencia enclavado" del módulo 17D1(A058,00)		
La cuchilla de corte mediante la activación del pin 36 "corte de urgencia" del módulo 17D1(A058,08)		
La cuchilla de corte mediante la activación del pin 37 "soltar" del módulo 17D1(A058,09)		
Desconectar y dejar sin presión el sistema neumático para el dispositivo de corte de emergencia.		
Comprobar el buen funcionamiento y desgaste de la cuchilla de toma rápida Pág 6-17		
La tensión de la correa dentada. La correa se debe girar 90° después de estar tensada Pág 6-20		
Todas las correas existentes en la plegadora y arrastre de los rodillos llamadores		
Funcionamiento y desgaste de los rodillos de rodamiento. Cambiarlos en caso necesario. Pág 6-78, 6-93		
Ópticamente las conexiones de tubos flexibles de lubricación en los rodillos de rodamiento.		
Inspeccionar los conductos de tubos flexibles. Cambiarlos en caso necesario		
Presión aceite (bar) Fig 11-11		
Temperatura en el interior de los cuadros eléctricos de Indramat deben de ser de 20°C aproximadamente		

Figura N° 1. Plan de Mantenimiento

era el RCM (Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad).

El Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad es un procedimiento estructurado, que pretende definir y cuantificar la mejor política de mantenimiento, no sólo analizando cada equipo en sí mismo, sino contemplando su contexto operacional, con el fin de alcanzar el objetivo de fiabilidad propuesto.

En este artículo no se va a profundizar en la conceptualización del RCM, puesto que ya ha sido descrito en la Edición N° 2 de esta Revista. Como aportación específica del caso que nos ocupa, se muestra un ejemplo de la Matriz de Criticidad, una Hoja de Información y una Hoja de Decisión (Figuras N°3, N°4 y N°5) relativas al desarrollo del modelo RCM aplicado a esta plegadora.

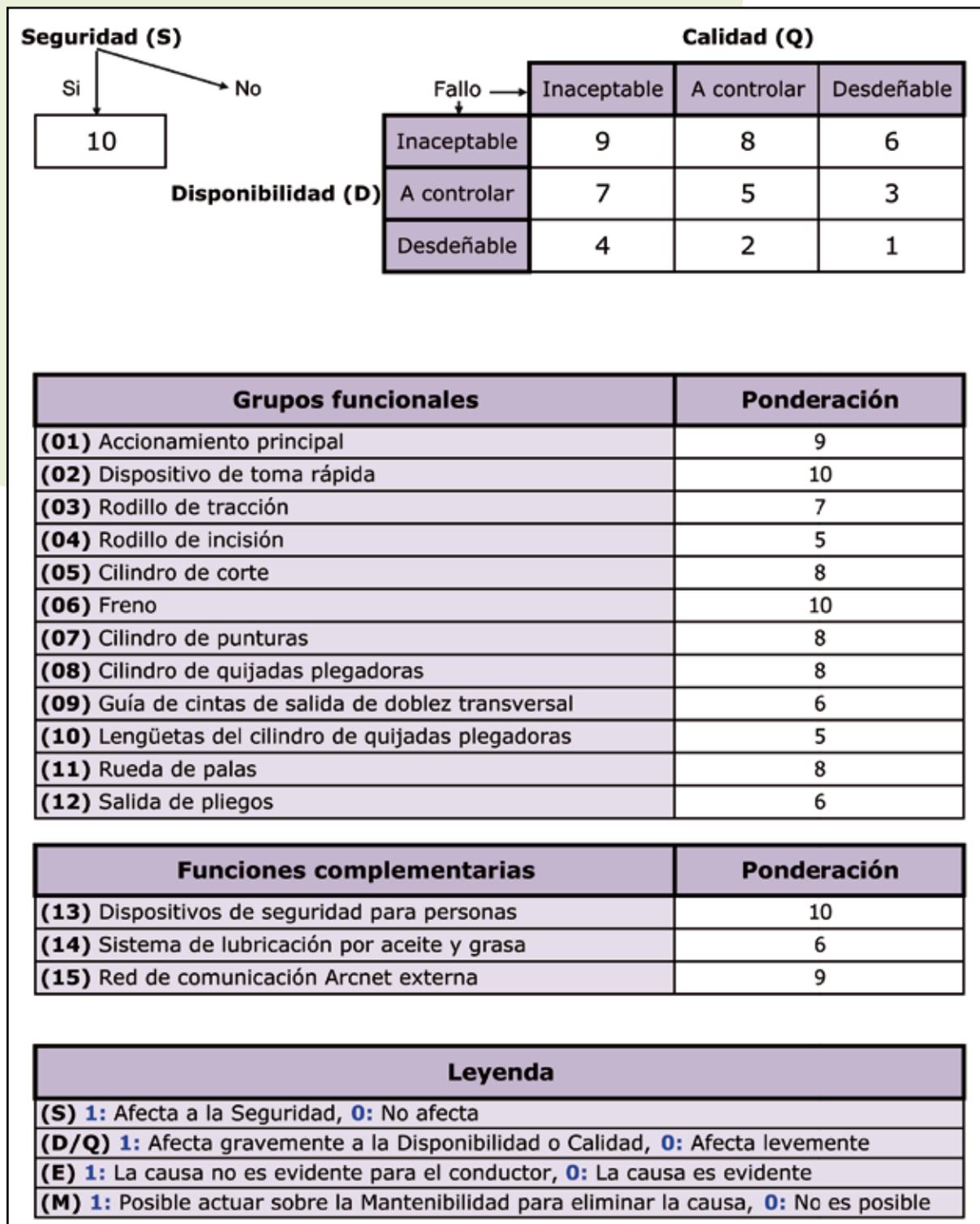


Figura N° 3: Matriz de Criticidad. Aplicación del Modelo RCM al Mantenimiento de la Plegadora KF3.

RCM		ÁREA: CORTE Y PLEGADO				Realizado por: Emilio M. Machín Brito		Canarias7	
HOJA DE TRABAJO		MÁQUINA: PLEGADORA KF3				Fecha: 30-09-2010			
DE INFORMACIÓN		GRUPO CONSTRUCTIVO:				Hoja: 5 de: 12			
Nº	Función	Nº	Fallo Funcional	Nº	Modo de Fallo Funcional y Técnico	Nº	Causa del Fallo	Efecto de la Causa del Fallo	Frecuencia
6	BLOQUEAR LOS CILINDROS Y MANTENER TENSIÓN DE BANDA CON LA PLEGADORA PARADA	B	PÉRDIDA DE FUNCIÓN	1	DESBLOQUEO	A	SUCIEDAD O CONTAMINACIÓN ENTRE DISCOS	PELIGRO POR ATRAPAMIENTO ENTRE CILINDROS CON LA MÁQUINA PARADA	
7	SUJETAR PRODUCTOS PARA CORTE Y PREPARARLO PARA EL PRIMER DOBLEZ TRANSVERSAL	A	ATASCO DE PAPEL EN EL CILINDRO DE PUNTURAS	1	ENTRADA DEFECTUOSA DEL PAPEL	A	LA CUCHILLA DE CORTE TIENE DIENTES RASGADOS O ROTOS	PARO DE MÁQUINA	
						B	ALTURA INCORRECTA DE LA CUCHILLA DE CORTE	PARO DE MÁQUINA	
						C	BANDAS DE PAPEL MAL AJUSTADAS EN LOS GRUPOS DE TRACCIÓN	PARO DE MÁQUINA	3 MESES
				2	AJUSTE DEFECTUOSO	A	LAS PUNTURAS SE RETIRAN DEMASIADO PRONTO O DEMASIADO TARDE	PARO DE MÁQUINA	
						B	ALTURA DE PUNTURAS INCORRECTA	PARO DE MÁQUINA	
				3	AVERÍA EN EL SISTEMA	A	LISTÓN DE CORTE DESGASTADO	PARO DE MÁQUINA	6 MESES
		B	PRODUCTOS CON PLEGADO TORCIDO A LA SALIDA	1	AJUSTE DEFECTUOSO	A	LAS PUNTURAS SE RETIRAN DEMASIADO PRONTO	PARO DE MÁQUINA POR PÉRDIDA DE CALIDAD	
						B	ALTURA INCORRECTA DE PUNTURAS	PARO DE MÁQUINA POR PÉRDIDA DE CALIDAD	6 MESES
						C	LA CUCHILLA PLEGADORA NO PENETRA SUFICIENTEMENTE EN LAS QUIJADAS PLEGADORAS	PARO DE MÁQUINA POR PÉRDIDA DE CALIDAD	6 MESES
				2	AVERÍA EN EL SISTEMA	A	ROTURA DE PUNTURAS	PARO DE MÁQUINA POR PÉRDIDA DE CALIDAD	6 MESES
						B	DESGASTE DE LA CUCHILLA PLEGADORA	PARO DE MÁQUINA POR PÉRDIDA DE CALIDAD	6 MESES
		C	ATASCO DE PAPEL EN EL CILINDRO DE PUNTURAS CON UNA SOLA BANDA	1	ELEMENTOS DE EXPANSIÓN DEFECTUOSOS	A	MAL AJUSTE DE LA PRESIÓN	PARO DE MÁQUINA POR ATASCO	2 AÑOS
						B	FUGA EN EL SISTEMA NEUMÁTICO O FUGA EN ALGUN ELEMENTO DE EXPANSIÓN	PARO DE MÁQUINA POR ATASCO	

Figura Nº 4: Hoja de Información. Aplicación del Modelo RCM al Mantenimiento de la Plegadora KF3

HOJA DE DECISIÓN				MÁQUINA: PLEGADORA KF3					Canarias7		
5				GRUPO CONSTRUCTIVO:							
REFERENCIA				CRITERIOS RCM ÁRBOL DE DECISIÓN						TAREA PROPUESTA	INTERVALO DE PREVENCIÓN
F	FF	MF	CF	S	D	Q	M	E			
6	B	1	A	1	0	0	1	1	SUSTITUIR DISCOS FUERA DE PRODUCCIÓN PARA SU LIMPIEZA	1 AÑO	MANTENIMIENTO
7	A	1	A	0	1	0	1	0	SUSTITUIR CUCHILLAS DE CORTE (Ver Anexo 3, apdo. 3.2.2)	2 SEMANAS	PRODUCCIÓN
7	A	1	B	0	1	0	1	0	AJUSTAR CUCHILLAS DE CORTE (Ver Anexo 3, apdo. 3.2.2)		MANTENIMIENTO
7	A	1	C	0	1	1	1	1	AJUSTAR SISTEMA DE TRACCIÓN	2 MESES	PRODUCCIÓN
7	A	2	A	0	1	1	1	0	AJUSTAR LA LEVA DE PUNTURAS		MANTENIMIENTO
7	A	2	B	0	1	1	1	0	AJUSTAR ALTURA DE PUNTURAS (Ver Anexo 3, apdo. 3.3.4.2)	1 AÑO	MANTENIMIENTO
7	A	3	A	0	0	1	1	0	CAMBIAR CARA DEL LISTÓN DE CORTE O COLOCAR UNO NUEVO SI TODAS LAS CARAS ESTÁN DEGRADADAS	1 MES	PRODUCCIÓN
7	B	1	A	0	0	1	1	0	AJUSTAR LA LEVA DE PUNTURAS		MANTENIMIENTO
7	B	1	B	0	0	1	1	0	AJUSTAR ALTURA DE PUNTURAS (Ver Anexo 3, apdo. 3.3.4.2)	1 AÑO	MANTENIMIENTO
7	B	1	C	0	0	1	1	0	AJUSTAR CUCHILLA PLEGADORA (Ver Anexo 3, apdo. 3.3.4.2)		PRODUCCIÓN
7	B	2	A	0	0	1	0	0	SUSTITUIR Y AJUSTAR PUNTURAS (Ver Anexo 3, apdo. 3.3.4.2)	3 MESES	PRODUCCIÓN
7	B	2	B	0	0	1	1	0	SUSTITUIR Y AJUSTAR CUCHILLA PLEGADORA (Ver Anexo 3, apdo. 3.3.4.2)	3 MESES	PRODUCCIÓN
7	C	1	A	0	1	0	0	0	AJUSTAR PRESIÓN		PRODUCCIÓN
7	C	1	B	0	1	0	1	0	CONTROL VISUAL DEL SISTEMA	6 MESES	MANTENIMIENTO

Figura Nº 5: Hoja de Decisión. Aplicación del Modelo RCM al Mantenimiento de la Plegadora KF3

En el mismo año 2010, se han incluido nuevas técnicas de Mantenimiento Predictivo con el fin de predecir ciertas anomalías que son imperceptibles para el Técnico y, a la vez, permiten disponer de un histórico. Éstas son:

1. Ultrasonidos propagados en estructura. Sus resultados pasarán a formar parte de un histórico para su comparación con futuras mediciones.
2. Termografía infrarroja. Comprobación de posibles deficiencias por excesiva temperatura.

3.- COSTE DEL ESTUDIO DEL MODELO RCM

Para la correcta elaboración del coste final es necesario realizar un desglose de todas las fases o actividades que en él intervienen, de forma que sea posible realizar un compendio de todos los costes parciales del mismo.

En este proyecto se distinguen un total de cuatro fases:

1. Búsqueda y recopilación de recursos bibliográficos (artículos, libros, etc.).
2. Estudio del modelo RCM.
3. Aplicación del modelo RCM al Mantenimiento de la Plegadora KF3.
4. Redacción de la memoria.

En el desglose de los costes se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- El esfuerzo necesario se expresa en días de trabajo.
- Se considera que cada día está compuesto de siete horas de trabajo, a razón de siete días laborales. Si bien el ritmo de trabajo ha variado de unas fases a otras.
- Las tarifas aplicadas por hora de trabajo incluyen el 5 % de IGIC (Impuesto General Indirecto Canario).
- Se expone la duración estimada y el coste para cada una de las tareas o fases.
- Aunque todas las fases han sido realizadas por el autor, a la hora de desarrollar la parte de investigación tanto mecánica como electrónica, se ha tenido la colaboración de los compañeros de mantenimiento.
- Se calcula que el proyecto se ha realizado en un total de dos meses netos. Sin embargo, se ha extendido en el tiempo a tres meses y medio, debido a la necesidad de redactar los procedimientos para una correcta implantación del modelo RCM.

El coste total del proyecto vendrá determinado por la suma del coste de los Recursos Humanos (RRHH) y de los Recursos Materiales (fungibles), empleados para la realización del Proyecto.

FASE	TAREA	MES	RRHH (€)	FUNGIBLE (€)	COSTE (€)
Búsqueda y recopilación de recursos bibliográficos (artículos, libros, etc.)	Documentación	Junio	520,80		520,80
Estudio del Modelo RCM	Documentación	Junio	607,60		607,60
Aplicación del Modelo RCM al Mantenimiento de la Plegadora KF3 (Investigación)	Investigación	Julio	2.430,20		2.430,20
	Documentación y memoria borrador		2.083,20		2.083,20
Aplicación del Modelo RCM al Mantenimiento de la Plegadora KF3 (Investigación)	Investigación	Agosto	2.325,80		2.325,80
	Documentación y memoria borrador		2.083,20		2.083,20
Redacción de la memoria	Elaboración de las fichas para los análisis de fallos y hojas de decisiones	Septiembre	1.643,20		1.643,20
	Redacción		2.777,60	162,10	2.939,70
COSTE TOTAL DEL PROYECTO					14.633,70

De la tabla anterior se desprende que el coste total del proyecto asciende a **14.633,70 €**.

4.- RENTABILIDAD

La fiabilidad de la máquina haciendo uso del modelo RCM se consigue con el Retorno de la Experiencia (RDE) (Figura N° 6). Sin embargo, la

confiabilidad sin el modelo RCM puede tener un coste considerable cuando se tiende a la sustitución de piezas o equipos sin un buen conocimiento.

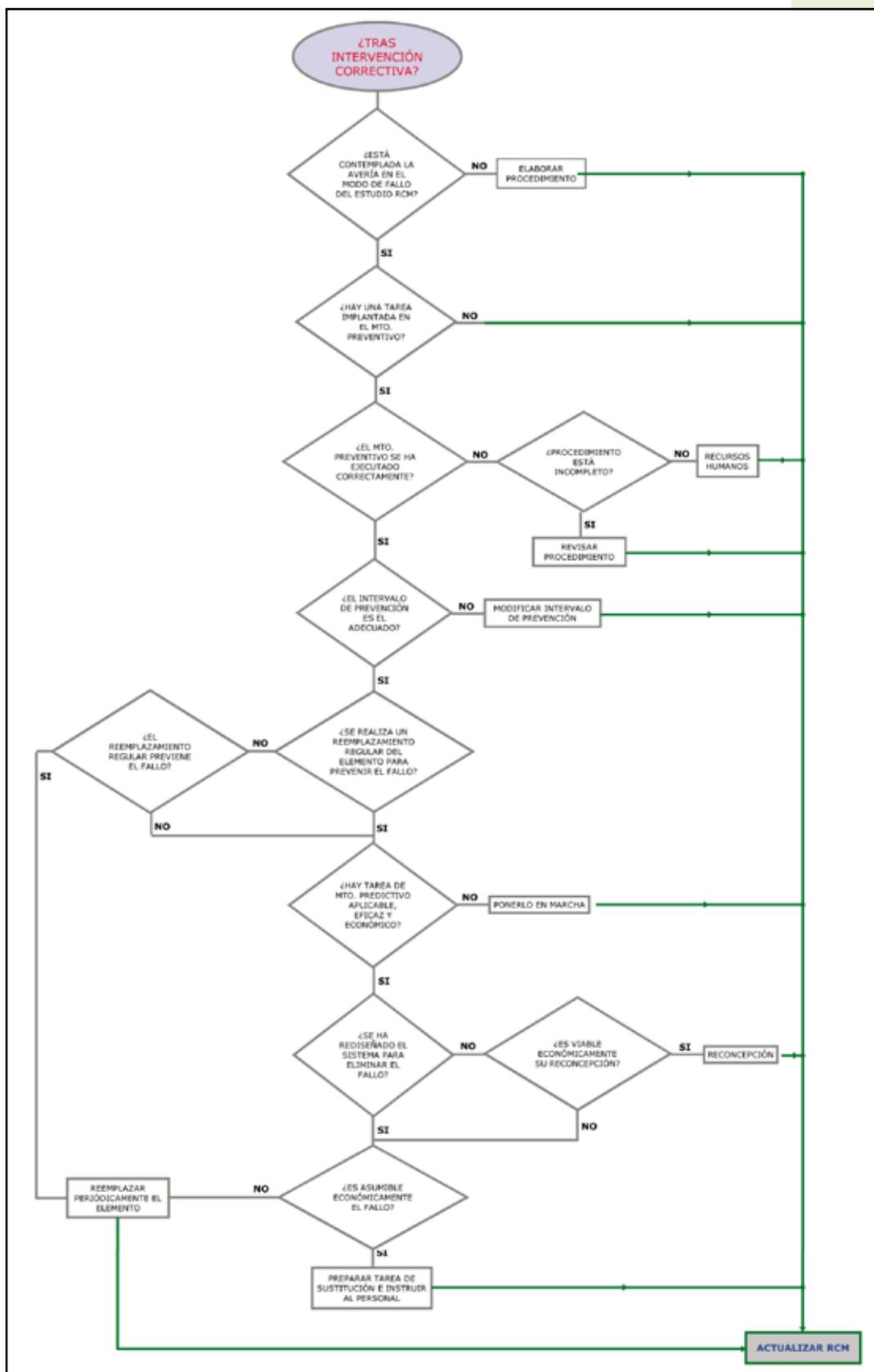


Figura 6. Retorno de la Experiencia (RDE)

En nuestro caso, debido a la particularidad del proceso productivo y a la criticidad de la plegadora KF3, nos ha llevado, a lo largo de estos años, a una serie de intervenciones técnicas, algo costosas, pero necesarias en su momento.

Nos apoyaremos en los conocimientos adquiridos con la intervención del técnico especialista externo en el año 2009 y los aportados por el estudio RCM, para poder extraer unos resultados económicos y contemplar una posible implantación del modelo RCM.

1. ¿En qué ha contribuido el estudio del modelo RCM al mantenimiento de la plegadora KF3?

- A mejorar los conocimientos del sistema, y con ello, disminuir las revisiones planificadas (Mantenimiento Preventivo) por tareas de Mantenimiento Condicional.
- A conocer el impacto de algunos fallos que no estaban contemplados en el Mantenimiento Preventivo.
- A implementar tareas Predictivas para aumentar la seguridad de funcionamiento a un coste razonable.
- A mejorar la gestión de stock de repuestos apoyándonos en el conocimiento adquirido con el estudio del modelo RCM.

2. ¿Qué nos ha aportado el binomio Técnico Especialista Externo- RCM?

- Con la intervención técnica, la mejora del conocimiento teórico-práctico de la máquina.
- Con el estudio RCM, el conocimiento del equipo, sus fallos y el impacto o repercusión de los mismos permitiéndonos alargar la vida útil de algunos elementos mantenibles y no mantenibles.

3. ¿Cuál ha sido el coste de la intervención a las 12.000 horas?

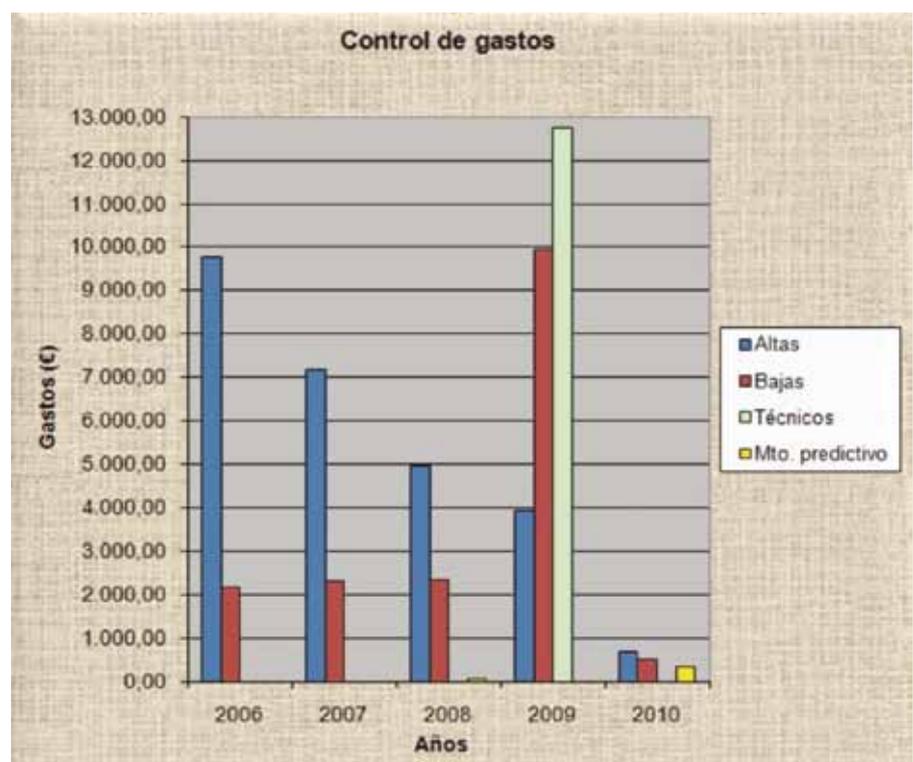
COSTE DE LA INTERVENCIÓN (12.000 Horas)	
Repuestos	8.410,06 €
Técnico Especialista Externo	12.742,46 €
TOTAL	21.152,52 €

4. ¿Cuánto costará la próxima intervención teniendo implantado el modelo RCM?

COSTE DE LA INTERVENCIÓN (24.000 Horas)	
Repuesto a chequear en el momento del cambio (33% degradado)	879,93 €
Repuesto a chequear antes del cambio (44,47% degradado)	1.518,42 €
Repuesto a sustituir obligatoriamente	781,56 €
Técnico de la empresa	1.000 €
TOTAL	4.179,91 €

5. Tendencia del gasto en el mantenimiento de la plegadora KF3

Las Altas y Bajas representadas en el gráfico hacen referencia a las altas y bajas de repuestos.



La Termografía Infrarroja Aplicada a la Edificación



Ángel Lezana García

Jefe de Producto Termografía
Alava Ingenieros

1.- INTRODUCCIÓN

A raíz de la crisis del petróleo ocurrida en la década de los 70, hemos sido conscientes de que nuestras reservas energéticas son valiosas y limitadas. También sabemos que el calentamiento global, producido por las emisiones de CO₂, está causado por el consumo de energía térmica. Las pérdidas energéticas son el resultado de anomalías en la construcción y pueden ser detectadas por infrarrojos. En consecuencia, reparando estos defectos podremos ahorrar energía.

El sector de la edificación es el responsable del 40% del consumo energético de la Unión Europea y es, a su vez, el que ofrece un mayor potencial individual de ahorro y eficiencia energética. Debido a ello, la Comisión Europea ha elaborado la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios. La transposición de esta Directiva Europea ha dado lugar a la aprobación de legislación y normativa específica, concretamente:

- El Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- El Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación energética de edificios de nueva construcción.

Es probable que los recientes paquetes de estímulo económico de muchos países orienten la demanda hacia las comprobaciones de her-

meticidad y otros métodos de investigación de la eficiencia energética. El empleo de la imagen térmica, sola o combinada con otros métodos, como por ejemplo el método Blower Door (en el que se genera una baja presión en el edificio para forzar que el aire exterior, a mayor presión, penetre por las zonas que no estén selladas correctamente), agiliza considerablemente el trabajo, ya que determina con gran precisión dónde se deben centrar los esfuerzos de ahorro energético, sin necesidad de efectuar ninguna prueba destructiva.

Se puede afirmar que la imagen térmica es el método más fácil y más rápido para detectar pérdidas de energía en los edificios.

Una cámara de imagen térmica muestra con exactitud dónde se encuentran los problemas de pérdida de energía de los edificios y ayuda a centrar la atención de los técnicos, lo que les permite hacer un diagnóstico adecuado de las áreas donde se producen dichas pérdidas.



Figura Nº 1. Distintos tipos de Cámaras Termográficas.

Esta posibilidad permite mantener la integridad de los sistemas ambientales y estructurales cuando se inspeccionan construcciones, se verifican reparaciones y para los objetivos relacionados con aseguradoras (pólizas contra incendios, por ejemplo).

Los termogramas pueden facilitar reparaciones rápidas, fáciles y seguras y mucho más rentable que otros métodos convencionales, reduciendo al mínimo la necesidad de desmantelar una construcción. Ahorra tiempo y trabajo, ya que reduce al mínimo el periodo de inactividad, el tiempo de reparación, los costes laborales y el trastorno a los habitantes, además de permitir verificar un trabajo bien hecho.

2.- APLICACIONES DE LA TERMOGRAFÍA A LA EDIFICACIÓN

2.1.- LOCALIZACIÓN DE FUGAS

La termografía es una herramienta muy útil y fácil de usar para la detección y comprobación de fugas en tuberías y conducciones, incluso cuando éstas se encuentren bajo el suelo o paredes. Ejemplos típicos son la detección de fugas en calefacciones de suelo radiante o en sistemas de calefacción comunitaria. Determinar la localización exacta de las fugas evita obras innecesarias y ahorra costes.



Figura N° 2.

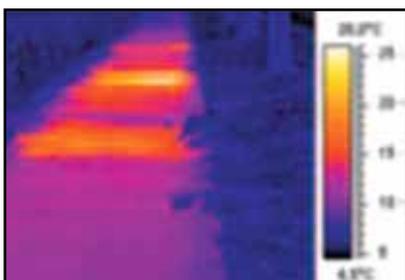


Figura N° 3.

Fugas en tuberías subterráneas de calefacción comunitaria.

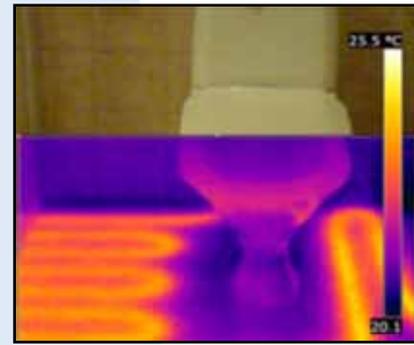


Figura N° 4. Calefacción suelo radiante.

2.2.- DETECCIÓN DE DEFECTOS DE CONSTRUCCIÓN

Es el método más adecuado e inmediato para revelar posibles defectos de construcción. Gracias a la misma, es muy sencillo comprobar si la ejecución de la obra ha sido correcta. La termografía visualiza instantáneamente pérdidas térmicas, humedades y fugas de aire que ocurren en los edificios, por medio de imágenes a color.



Figura N° 5.

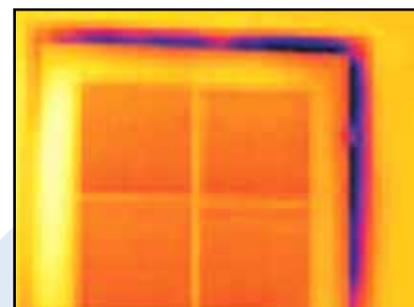


Figura N° 6. Ventana sin sellar.

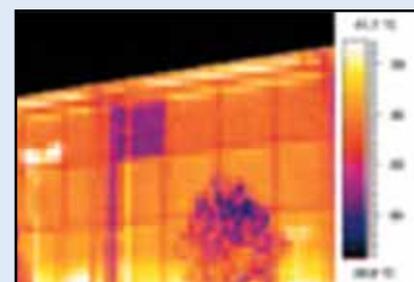


Figura N° 7. Acristalado individual en paneles dobles.

2.3.- VISUALIZACIÓN DE PÉRDIDAS ENERGÉTICAS

Los puentes térmicos no sólo son una pérdida de energía, sino que pueden dar lugar a condensaciones o humedades. Además, los puentes térmicos también actúan, en muchas ocasiones, como puentes acústicos. Un aislamiento térmico óptimo normalmente implica un buen aislamiento acústico. La termografía infrarroja detecta inmediatamente las localizaciones con deficiencias.

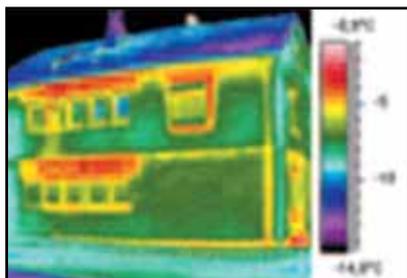


Figura N° 8. Caja de persiana sin aislar.

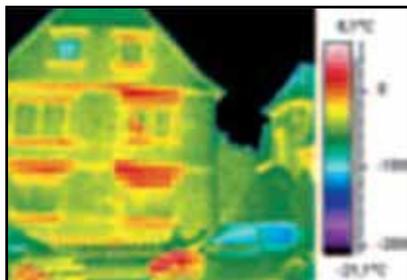


Figura N° 9. Pérdida térmica hacia el exterior, emisión acústica hacia el interior.

2.4.- PREVENCIÓN ANTICIPADA DE ENMOHECIMIENTOS

Como consecuencia de las condensaciones en los puentes térmicos, estos puntos pueden enmohecerse con el consiguiente riesgo para la salud.

Las cámaras de la serie B de Flir han sido diseñadas especialmente para edificación y cuentan con alarmas propias de este sector, como son alarmas de visualización de puntos de condensación, mostrando en pantalla los puntos amenazados por humedades mediante una alarma de color en la imagen. Las zonas que están afectadas, o a punto de serlo, se detectan en el acto.



Figura N° 10.

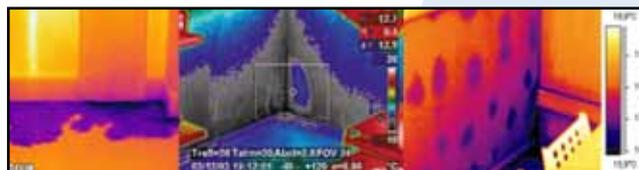


Figura N° 11. Humedades. Enmohecimiento.



Figura N° 12. Imagen visual e infrarroja de un dormitorio. La imagen infrarroja nos muestra claramente las zonas delicadas en donde el moho puede crearse.

2.5.- DETECCIÓN DE FUGAS EN TEJADOS DE CUBIERTA PLANA

La evaluación de filtraciones de agua en tejados de cubierta plana es otra aplicación muy común.

El agua retiene el calor durante más tiempo que el resto de materiales utilizados en la cubierta, pudiéndose detectar con la cámara, una vez puesto el sol y la superficie ha empezado a enfriarse. Se pueden reducir ampliamente los costes de reparación, identificando las zonas húmedas con problemas, en vez de reemplazar por completo el tejado.

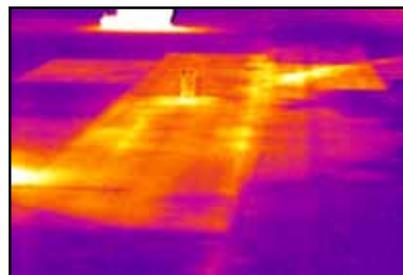


Figura N° 13. Tejado plano con filtración.

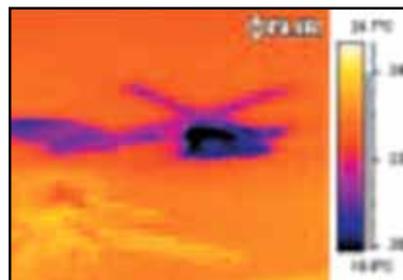


Figura N° 14. Humedad en techo.

2.6.- INSPECCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SECADO

Una vez localizada la fuga, hay que proceder a su reparación y para ello hay que secar la zona afectada. Una filtración de agua se deshidrata normalmente efectuando perforaciones para que circule el aire. Para evitar dañar las tuberías existentes y crear nuevas fugas utilizaremos la cámara de infrarrojos para la localización exacta de dichas conducciones. Asimismo, podremos comprobar el progreso y el éxito del secado.

2.7.- RESTAURACIÓN DE EDIFICIOS

La termografía por infrarrojos también ofrece una valiosa información durante la restauración de edificios y monumentos. Los entramados de las construcciones que se encuentren ocultos, son revelados claramente en la imagen infrarroja y se puede decidir, por ejemplo, si tiene sentido levantar el revoque.

También pueden detectarse anticipadamente desprendimientos de revoque en las paredes, y tomar así las medidas oportunas para su conservación.

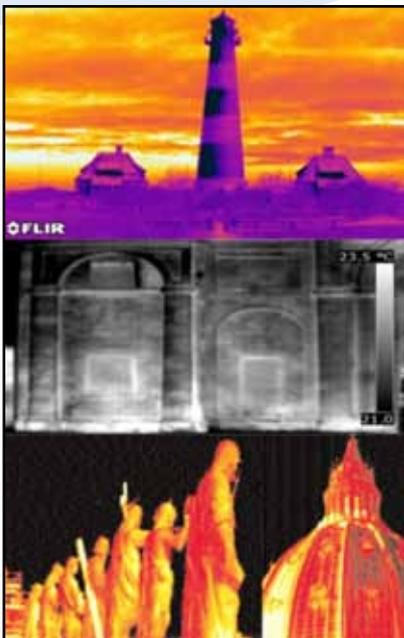


Figura N° 15. Monumentos y Edificios.

2.8.- DETECCIÓN DE FUGAS DE AIRE

Otra aplicación habitual es la detección de fugas de aire mediante la identificación de su tasa de intercambio. Para ello se emplea el procedimiento Blower-Door, ya descrito en la introducción de este artículo.



Figura N° 16.
Medición Blower-Door de la estanqueidad del edificio.

Este flujo de aire puede observarse fácilmente con una cámara de termografía. Una vez identificadas las fugas, se pueden reparar antes de que los revestimientos hagan costosa y complicada la eliminación de un eventual defecto de construcción.

Para la realización de pruebas de estanqueidad, la norma UNE-EN 13829:2002 "Aislamiento Térmico. Determinación de la estanqueidad al aire en edificios. Método de presurización por medio de ventilador (ISO 9972:1996, modificada) ERRATUM:2010" es una herramienta útil en los siguientes casos:

- Medición de infiltraciones de aire en un edificio o en una parte del mismo.
- Comparación de infiltraciones de aire entre edificios similares.
- Como control después de la reparación para ver que el edificio está lo suficientemente aislado.

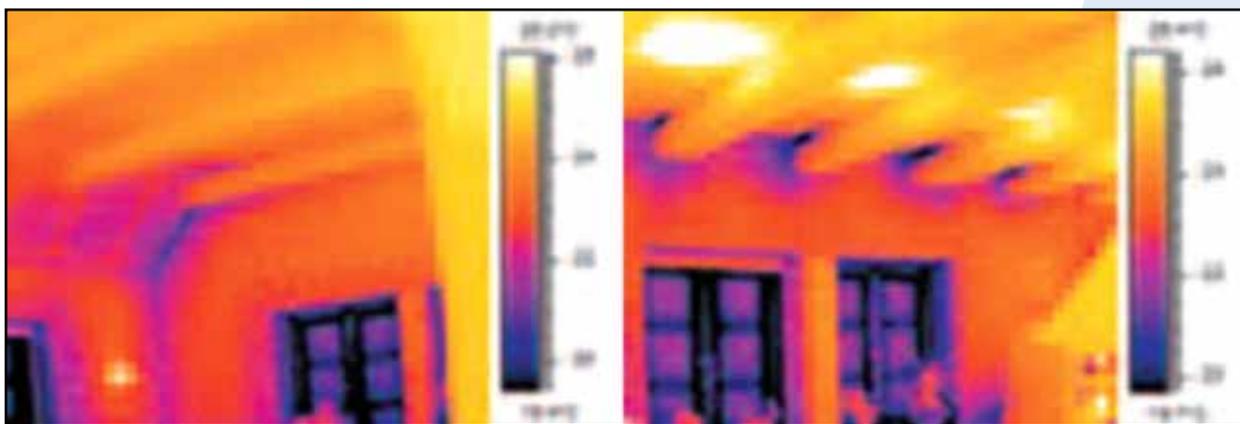


Figura N° 17. Sala a presión normal. Sala a baja presión.

2.9.- CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

El ambiente interior tiene un efecto considerable sobre nuestra sensación de bienestar, pudiendo afectar a nuestro rendimiento laboral.

Las bajas laborales por enfermedad en una empresa, pueden estar causadas por un ambiente interior inadecuado. La termografía puede ofrecer información valiosa sobre el estado de las salidas de aire acondicionado, radiadores o sistemas de ventilación. Los datos obtenidos permiten optimizar los ambientes de trabajo y evitar lugares expuestos a corrientes de aire, humedades o exceso de calor.

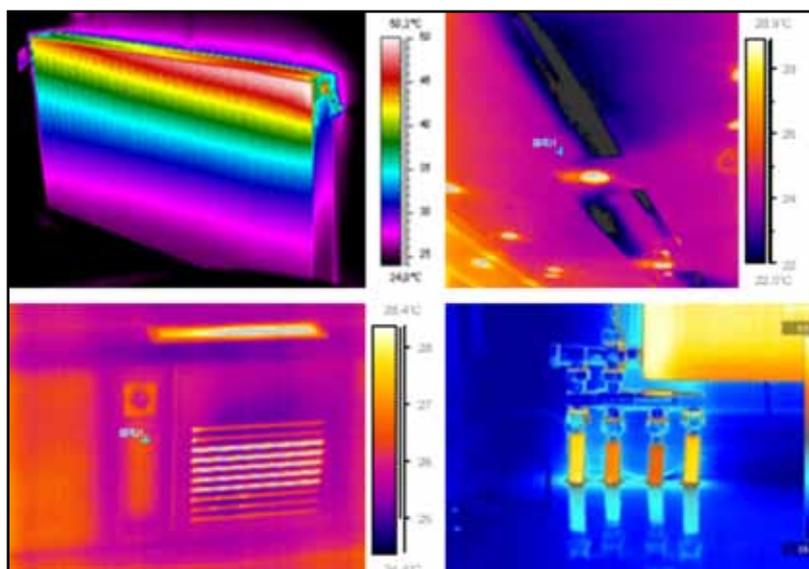


Figura N° 18.

2.10.- PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Gracias a la termografía se pueden detectar, sin esfuerzo, todo tipo de grietas, fugas y ladrillos sueltos en chimeneas y sistemas de escape en instalaciones de calefacción, así como, descubrir inmediatamente zonas recalentadas que puedan provocar incendios en chimeneas y detectar riesgos de incendios, por excesiva proximidad a zonas de calefacción o salida de gases.

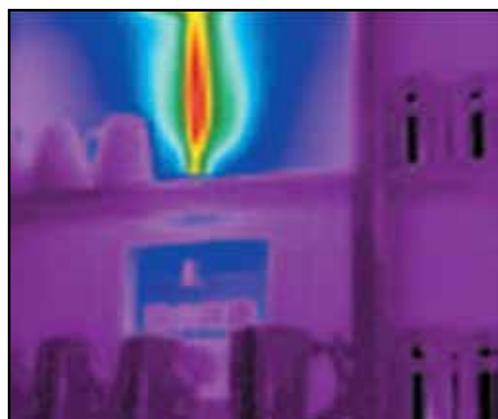


Figura N° 19.

Calentador de gas construido muy cerca de la pared.

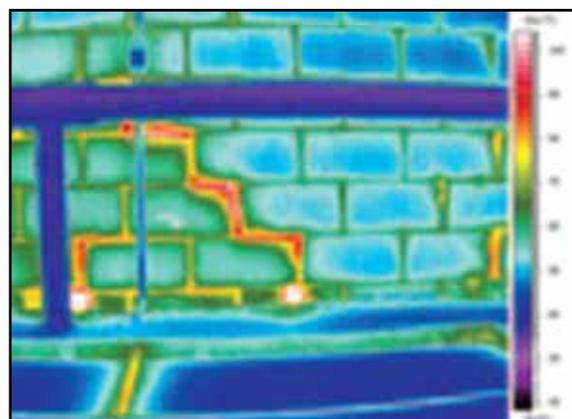


Figura N° 20.

Chimenea con ladrillos sueltos.

Inspección de Soldadura



Antonio Racionero Martínez

Delegado Zona Centro-Norte y Canarias
División Industrial - Olympus España

Técnicas TOFD y Phased Array

La necesidad de reducir los tiempos de las inspecciones, al mismo tiempo que mejorar la fiabilidad de las mismas, ha llevado al desarrollo de tecnologías y técnicas de ultrasonidos que nos permitan optimizar estos dos aspectos.

Las principales ventajas que ofrecen, tanto la tecnología Phased Array, como la técnica TOFD, son entre otras:

1. La representación de los datos que facilita la interpretación de los mismos, a la vez que mejora la detección de defectos.
2. Aumenta la velocidad de inspección.
3. La posibilidad de minimizar la complejidad de los sistemas mecánicos, en el caso de las inspecciones mecanizadas de ultrasonidos con un registro de los datos. Esto permite realizar inspecciones por ultrasonidos de forma rápida y eficiente, así como, la posibilidad de sustituir la radiografía mediante ultrasonidos registrables.

1.- TÉCNICA TOFD PARA INSPECCIÓN DE SOLDADURAS

1.1.- Introducción

La técnica TOFD se basa en la detección y análisis de las señales de difracción generadas en los extremos de cualquier discontinuidad, en lugar de las señales reflejadas en las mismas, como en el caso de la técnica Pulso-Eco (PE).

1.2.- Breve descripción teórica de la Técnica TOFD

Esta técnica se basa en el fenómeno de difracción. Dicho fenómeno se produce cuando una onda mecánica (onda ultrasónica) incide sobre una discontinuidad dentro de un medio, entonces en los extremos de dicha discontinuidad se producen unas ondas ultrasónicas denominadas ondas de difracción. (Figura N° 1)

Las ondas de difracción se caracterizan porque son ondas esféricas que se propagan en todas las direcciones y tienen una amplitud bastante menor que las ondas reflejadas (en torno a 20 ó 30 dB menor).

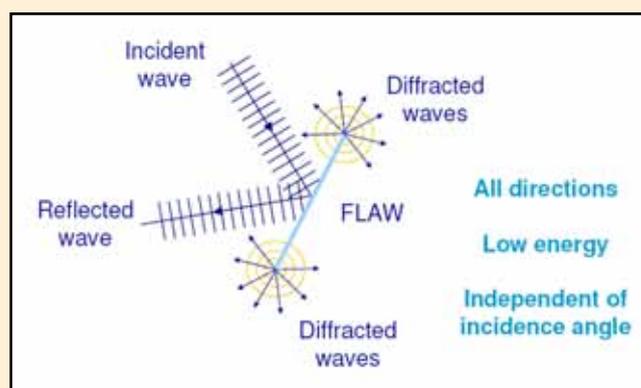


Figura N° 1. Fenómeno de Difracción.

La configuración básica en una inspección de soldadura mediante la técnica TOFD es la que se presenta en la Figura N° 2.

La configuración básica consiste en enfrentarse dos palpadores, uno a cada lado del cordón de soldadura, uno como emisor y otro como recep-

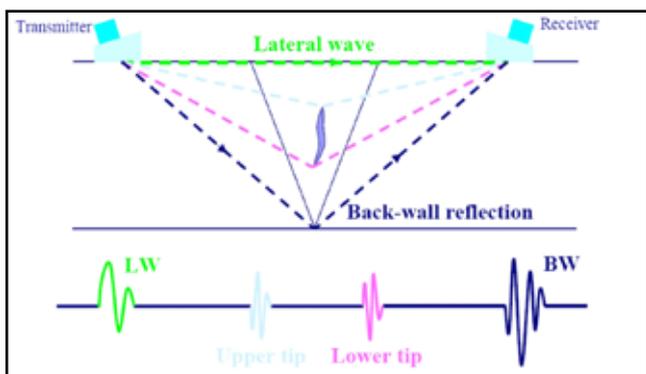


Figura N° 2. Configuración básica en una inspección de soldadura mediante la técnica TOFD y señales más representativas.

tor. Estos palpadores estarán separados una distancia, PCS (Probe Center Spacing), en función del espesor de la chapa, y de la frecuencia, ángulo y diámetro del palpador, con el fin de cubrir el volumen de soldadura deseado.

Los palpadores generarán un haz angular de ondas longitudinales.

El haz generado debe tener un gran ángulo de divergencia, por lo que se utilizarán palpadores con cristales de pequeño diámetro.

Las señales más representativas en la técnica TOFD son las que aparecen en la figura anterior.

- **Onda Lateral:** Onda sub-superficial que viaja directamente del palpador emisor al receptor. Esta onda longitudinal es la primera que llega al palpador receptor, ya que es la que tiene el recorrido más corto. Esta onda no debe confundirse con las ondas de superficie que son ondas transversales.
- **Eco de Fondo:** Esta es la onda longitudinal reflejada en la cara opuesta de la chapa y que es recibida por el palpador receptor. Es la señal con mayor recorrido de distancia, por lo que aparece en el último lugar del A-Scan.
- **Ondas de difracción:** Señales de difracción (TIP): Ondas difractadas esféricas que se producen en los extremos de cualquier discontinuidad que quede dentro del haz ultrasónico de los palpadores.

Normalmente, cuando se utiliza la técnica TOFD, se emplea la señal RF para identificar los cambios de fase de la señal y poder así identificar cada una de las señales. Si observamos la Figura N° 2 veremos que se produce un cambio de fase

entre la onda lateral y la onda de difracción del extremo superior del defecto, al igual que ocurre con el eco de fondo, mientras que la onda de difracción del extremo inferior del defecto está en fase con la onda lateral.

Otra herramienta que utiliza la técnica TOFD es la vista B-Scan (Figura N° 3), con una escala de grises, que facilita la identificación de las señales de las indicaciones y la medida de longitud y profundidad de las mismas, al tiempo que deja un registro de datos, requisito que se ha de cumplir para poder sustituir a la radiografía. La generación de esta vista requiere que el equipo disponga de una entrada de coordenadas.

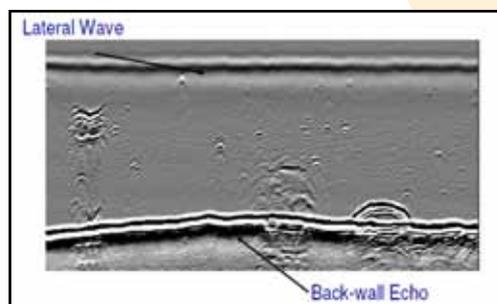


Figura N° 3. Representación B-Scan de una inspección mediante la técnica TOFD.

1.3.- Ventajas de la técnica TOFD

- Rapidez en la inspección. Se puede inspeccionar todo el volumen de la soldadura de una sola pasada.
- Detección de toda clase de discontinuidades independientemente de su orientación.
- Técnica muy apropiada para medir profundidad y tamaño de los defectos, debido a que se mide directamente sobre el B-Scan la profundidad de las señales de difracción de los defectos, por lo que, midiendo entre ellas se puede determinar el tamaño de los mismos. Técnica muy útil a la hora de medir profundidad de grietas. Del mismo modo, sobre el B-Scan se mide la longitud de la indicación.
- Es una técnica ultrasónica que no tiene en cuenta la amplitud de la señal para el dimensionamiento de defectos.
- Deja un registro de datos de toda la inspección de soldadura, por lo que en muchos casos, puede sustituir a la radiografía.

1.4.- Inconvenientes de la técnica TOFD

- Zonas interferidas: Tanto la zona cercana a la superficie como la zona cercana a la cara posterior de la pieza, quedan interferidas por la señal de la onda lateral como por la señal del eco de fondo, respectivamente.
- Sólo se puede medir la profundidad a la que se encuentra el defecto, pero no su posición con respecto al eje central del cordón de soldadura, por lo que resulta difícil identificar el tipo de defecto.

1.5.- Equipamiento para realizar una inspección de soldadura mediante la técnica TOFD

El equipamiento básico para la realización de una inspección de soldadura mediante la técnica TOFD es el siguiente:

- Equipo de ultrasonidos, con entrada de encoders, presentación BScan y con herramientas software específicas para la técnica TOFD (OmniScan MX).
- Palpadores con suelas angulares de ondas longitudinales con gran ángulo de divergencia y alta sensibilidad y resolución (palpadores de piezo-composite).
- Scanner para mantener la distancia entre los palpadores, PCS, y mandar la posición de los mismos al equipo mediante un encoder.



Figura N° 4. Distintos modelos de escáneres mecánicos según la soldadura a inspeccionar.

En la inspección de soldaduras de chapas gruesas, es posible que sea necesaria la utilización de varios canales TOFD para cubrir todo el volumen de soldadura. El OmniScan MX dispone de distintos módulos de ultrasonidos convencionales con 2, 4 y 8 canales para poder trabajar con varios canales TOFD al mismo tiempo.



Figura N° 5. Pantalla OmniScan MX con un registro de un canal TOFD

1.6.- Ejemplos de defectos en soldaduras detectados mediante la técnica TOFD

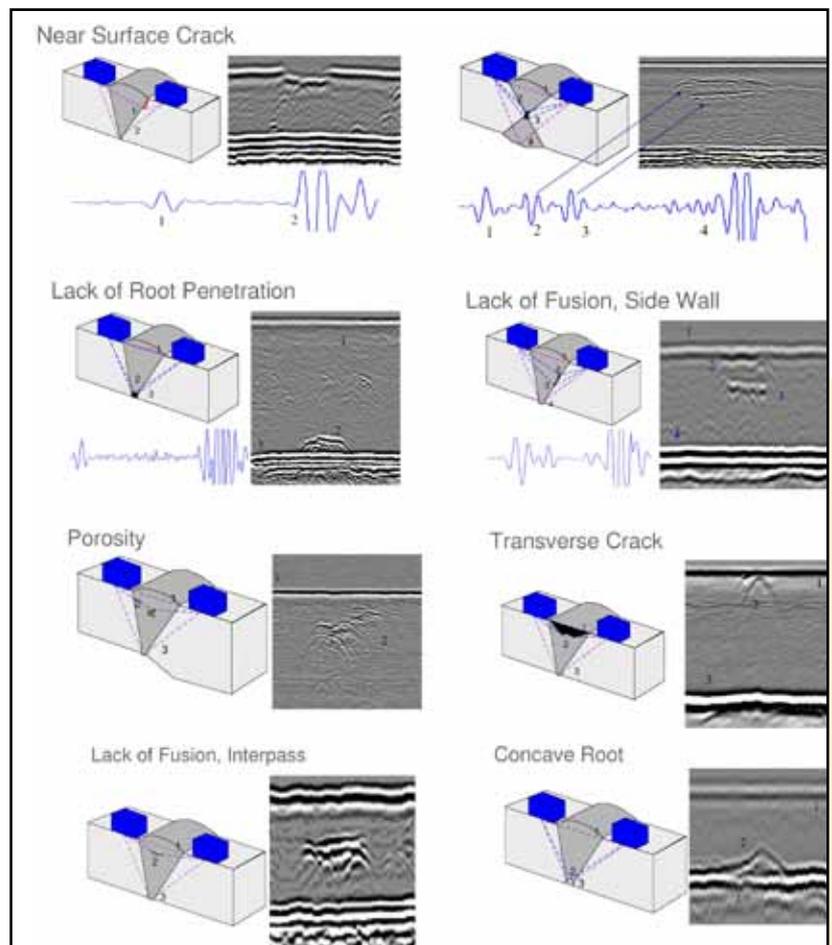


Figura N° 6.

2.- TECNOLOGÍA PHASED ARRAY EN LA INSPECCIÓN DE SOLDADURAS

2.1.- Introducción

La tecnología Phased Array permite realizar inspecciones de soldaduras en Pulso-Eco tanto manuales como mecanizadas (con registro de datos).

En ambos tipos de inspección lo que se persigue es optimizar los tiempos de inspección y mejorar la detectabilidad y evaluación de los defectos.

La tecnología Phased Array permite cambiar las características del haz que genera el palpador, pudiendo crear distintos palpadores virtuales con un mismo palpador Phased Array.

Las características que puede variar son:

1. Punto de focalización del palpador (Focalización Estática o Dinámica).
2. Tamaño del cristal del palpador virtual (Apertura).
3. El ángulo de incidencia (Barridos Sectoriales).
4. Simular el movimiento del palpador virtual a lo largo del palpador Phased Array sin necesidad de mover este (Barrido lineal).

Esto nos permite optimizar el haz sonoro para una aplicación concreta.

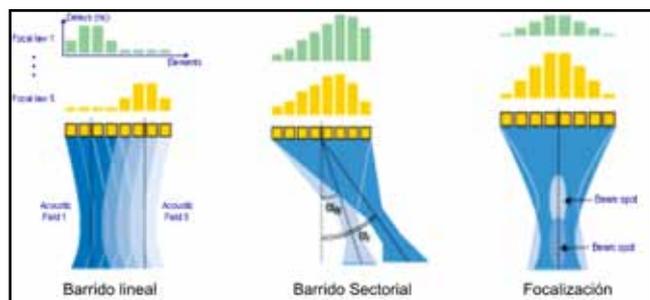


Figura N° 7. Configuración básica en una inspección de soldadura mediante la técnica TODF y señales más representativas.

2.2.- Inspecciones Manuales de soldadura utilizando Phased Array

En aquellas inspecciones que no requieran un registro de datos, puede utilizarse la tecnología Phased Array de forma manual.

La tecnología Phased Array nos permite explorar una soldadura con varios ángulos al mismo tiempo, mediante un barrido sectorial o con un solo ángulo mediante un barrido lineal.

En las inspecciones manuales de soldadura el barrido sectorial es el más idóneo, ya que permite realizar la inspección con varios ángulos al mismo tiempo, tiene una mayor cobertura del volumen de soldadura y requiere palpadores más pequeños (menos cristales), lo que facilita el manejo y acoplamiento de los mismos.

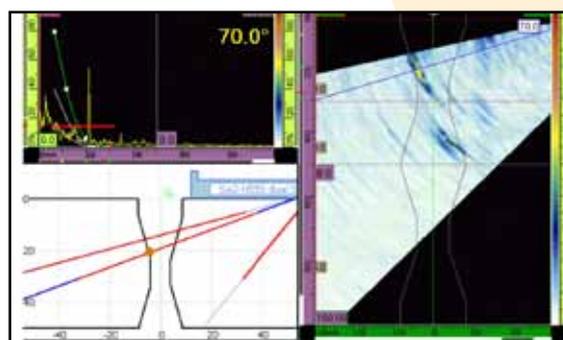


Figura N° 8. Barrido Sectorial superpuesto sobre el layout de la soldadura y vista del esquema de la soldadura con indicación de la posición del defecto. OmniScan MX manual con opción software para inspección de soldaduras

Todos los ángulos del barrido sectorial se calibran, tanto en distancias, como en sensibilidad (curvas DAC/TCG). Por lo tanto, el operador sólo tiene que realizar una pasada paralela al cordón de soldadura, a cada lado de éste, y a una distancia adecuada para cubrir todo el volumen de la soldadura. En caso de detectar una indicación, el operador moverá el palpador perpendicularmente al cordón de soldadura para ver qué ángulo detecta con mayor amplitud la indicación evaluada con dicho ángulo.

2.3.- Ventajas de la Tecnología Phased Array

Esta forma de trabajar ahorra tiempo, ya que sólo hay que realizar una pasada paralela al cordón de soldadura. Se inspecciona con todos los ángulos al mismo tiempo, por lo que no hay que repetir la inspección con palpadores de distintos ángulos; y adicionalmente es más fiable ya que, al utilizar numerosos ángulos, mejora la detectabilidad de los defectos.

Otra ventaja del Phased Array es que al tener una representación con la composición de varios A-Scans es más fácil identificar, tanto la señal re-

flejada, como los tipos de difracción, sobre todo en defectos planos, facilitando la medida de profundidad de grietas.

La tecnología Phased Array puede emplearse en cualquier aplicación en la que se empleen ultrasonidos convencionales y no requiere una modificación sustancial del procedimiento de inspección. Se pueden utilizar los métodos de evaluación estándares (DAC/TCG, ASME V, AWS o DGS)

En las figuras que se presentan a continuación se muestran algunos ejemplos de modos de trabajo y/o evaluación con el OmniScan MX manual. En estos ejemplos, se muestran los ángulos estándares de 45°, 60° y 70°, aunque se podría seleccionar cualquier ángulo del S-Scan.

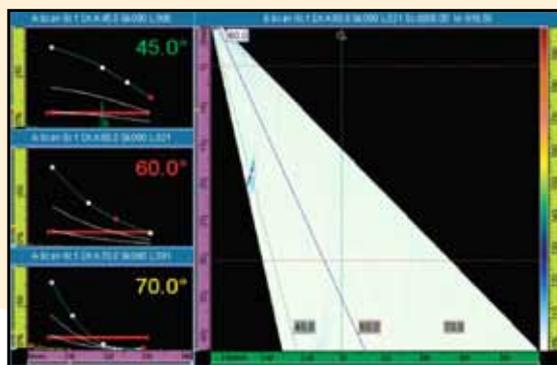
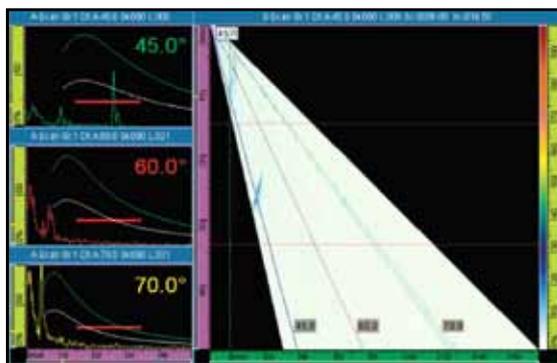


Figura N° 9.

Ejemplo de Visualización:

Un S-Scan con todos los ángulos empleados para la inspección. Tres A-Scan con los ángulos de 45°, 60° y 70° con sus correspondientes curvas DAC para evaluación.



Ejemplo de Visualización:

Un S-Scan con todos los ángulos empleados para la inspección. Tres A-Scan con los ángulos de 45°, 60° y 70° con sus correspondientes curvas DGS/AVG para evaluación.

2.4.- Inspecciones Mecanizadas de soldadura utilizando Phased Array

La principal ventaja de las inspecciones mecanizadas es la posibilidad de registrar todos los datos de la inspección para, si se desea, realizar

una evaluación de los mismos a posteriori. En muchos casos, este registro de datos permite la sustitución de otras técnicas como la radiografía, con el consiguiente ahorro de tiempo.

La tecnología Phased Array, en este tipo de inspecciones, permite que el movimiento del palpador, perpendicular al cordón de soldadura para cubrir todo el volumen de la misma, se realice mediante barridos lineales o sectoriales generados electrónicamente. Con esto se consigue cubrir todo o parte del volumen de la soldadura, sin necesidad de mover mecánicamente el palpador.

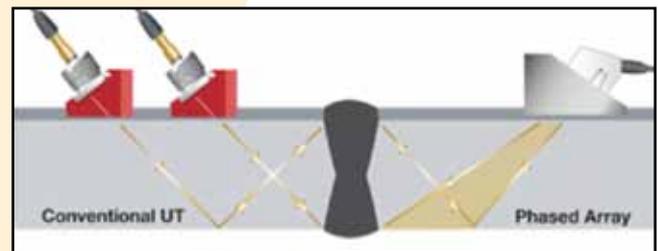


Figura N° 10.

Esto permite simplificar todo el sistema:

1. Se simplifica el equipo mecánico, es suficiente con realizar un movimiento codificado paralelo al cordón de soldadura.
2. Se reduce el número de palpadores necesarios, ya que un mismo palpador Phased Array puede generar varios ángulos al mismo tiempo, con lo que se reduce la complejidad del sistema y favorece el acoplamiento de los palpadores.
3. Al no tener que realizar un movimiento perpendicular a la soldadura para cubrir todo el volumen, el tiempo de inspección se reduce respecto a la técnica convencional de ultrasonidos.



Figura N° 11. Distintos barridos simultáneos con un mismo palpador Phased Array: Barrido lineal a 45°, Barrido lineal a 60° y Barrido sectorial de 45° a 70° con 1° de solape.

Equipos como el OmniScan MX permiten calibrar, tanto en distancias como en sensibilidad (Curvas DAC/TCG) cada uno de los ángulos generados, por lo que puede utilizarse cualquiera de ellos para evaluar una posible indicación. Se pueden crear diversos grupos (Diferentes barridos con un mismo palpador o diversos palpadores Phased Array), consiguiendo de esta forma realizar la inspección de una soldadura de una sola vez.

El registro de los datos de la inspección nos permite evaluar los mismos a posteriori sobre las distintas vistas A-Scan, B-Scan, C-Scan y S-Scan.

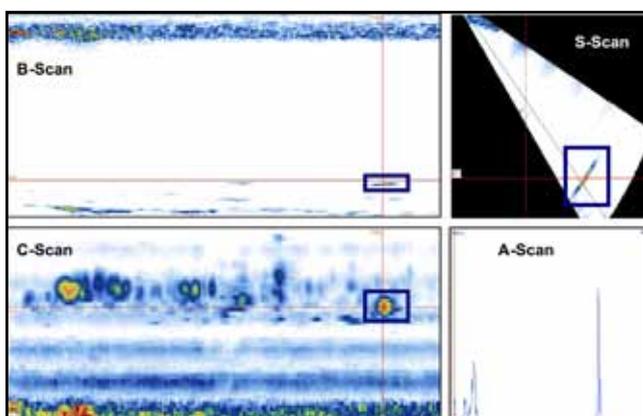


Figura N° 12. Representación de las distintas vistas A-Scan, B-Scan, C-Scan y S-Scan de un registro de datos de una soldadura.

Las inspecciones mecanizadas permiten realizar la inspección de la soldadura con varios palpadores Phased Array al mismo tiempo, por lo que se puede realizar la inspección de la soldadura de una sola pasada dependiendo del espesor de chapa.

3.- COMBINACIÓN DE TÉCNICAS

Con la finalidad de optimizar las inspecciones de soldadura, se pueden combinar distintas técnicas que son complementarias entre sí.

Es posible combinar, por ejemplo, la técnica TOFD con varios canales convencionales PE o Phased Array. Con esto se consigue obtener las ventajas del TOFD con las de Pulso Eco.

3.1.- Combinación de la técnica TOFD con ultrasonidos convencionales

Como se comentó anteriormente, una de las limitaciones o desventajas de la técnica TOFD era la existencia de dos zonas muertas. Una era la zona interferida por la onda lateral cercana a la superficie de inspección, y otra era la zona próxima al eco de fondo en la cara opuesta a la superficie de inspección.



Figura N° 13. Ejemplo de escáner mecánico para inspección de soldaduras.

Para cubrir estas zonas muertas se puede combinar la técnica TOFD con la de Pulso-Eco convencional. Para ello, adicionalmente al canal TOFD, se configuran 4 canales Pulso –Eco para cubrir las zonas muertas del canal TOFD.

Con dos palpadores de 45°, colocados uno a cada lado del cordón de soldadura, se cubriría la zona muerta de la onda lateral inspeccionando a salto. Y utilizando dos palpadores de 60°, a tiro directo, se cubriría la zona muerta del eco de fondo.

En la figura se muestra una configuración con un canal TOFD y cuatro canales Pulso-Eco para cubrir las zonas muertas.

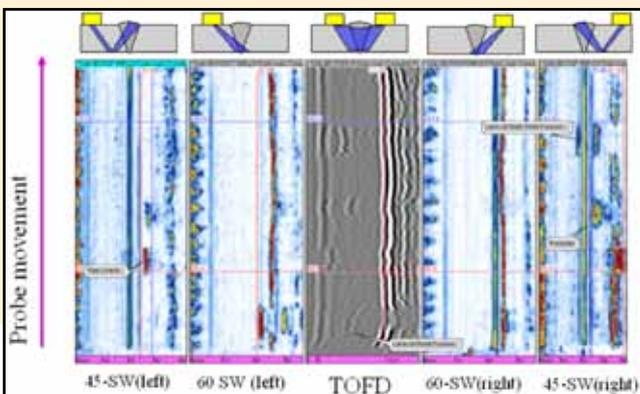


Figura N° 14. Combinación de la técnica TOFD con la técnica de Pulso-Eco convencional.

El módulo de ocho canales del OmniScan MX, nos permite realizar una configuración de hasta dos canales TOFD y cuatro canales Pulso-Eco.

3.2.- Combinación de la técnica TOFD con Phased Array

Además de las zonas muertas, la técnica TOFD tiene la limitación de que no puede posicionar el defecto con respecto al eje central del cordón de soldadura. Esto supone una dificultad a la hora de caracterizar el defecto.

Empleando ultrasonidos convencionales podemos cubrir de forma sencilla las zonas muertas de la técnica TOFD. Pero cubrir todo el volumen de soldadura con la técnica Pulso-Eco, supondría utilizar un escáner mecánico complejo que realizase un movimiento perpendicular al cordón de soldadura, a la vez que otro paralelo al mismo. Esto además supondría un tiempo de inspección muy largo.

La tecnología Phased Array nos permite cubrir, además de las zonas muertas, todo el volumen de la soldadura con varios ángulos al mismo tiempo, sin necesidad de incrementar el número de palpadores y utilizar escáneres complejos. El número de palpadores Phased Array necesarios dependerá del espesor de soldadura.

En la Figura N° 15 se muestra una configuración de un canal TOFD y dos grupos Phased Array con un barrido sectorial de 45° a 70° con un solape de 1°.

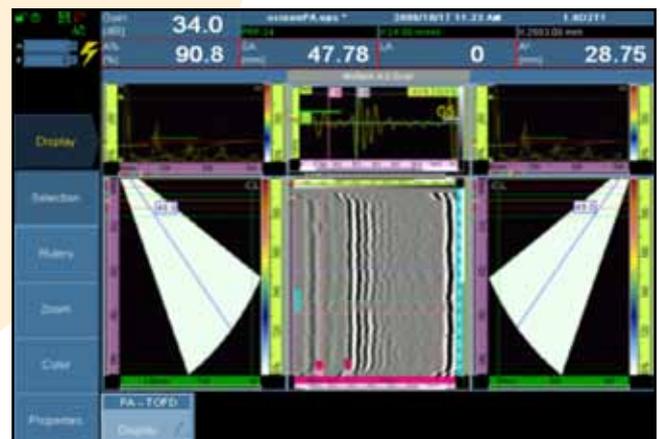


Figura N° 15. Configuración de un canal TOFD y dos grupos Phased Array con barrido sectorial.

La opción multigrupo del OmniScan MX, permite la generación de varios grupos Phased Array, al mismo tiempo que canales TOFD o de ultrasonidos convencionales.

Todos los resultados aquí expuestos han sido realizados con el OmniScan MX de Olympus.



Figura N° 16. OmniScan MX.

Sustitución de las Torres del Teleférico del Teide

Miguel Pintor Domingo
Luis Pintor Sepúlveda

Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos

Premio "Agustín de Betancourt" a la mejor obra de Ingeniería Civil Trienio 2007/2009

Por acuerdo unánime de los miembros del Jurado reunido al efecto, según Acta del 22 de julio de 2010, se premia la Obra "Proyecto de Sustitución de las Torres del Teleférico del Teide".

Promotor: Teleférico del Pico del Teide S.A.

Autor del Proyecto: Miguel Pintor Domingo y Luis Pintor Sepúlveda (Proytec Canarias S.L.)

Empresa Constructora: Garaventa A.G.

Dirección de Obra: Miguel Pintor Domingo y Luis Pintor Sepúlveda (Proytec Canarias S.L.)

1.- INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El Teleférico al pico del Teide se construyó en la década de los 60 y fue puesto en funcionamiento en 1.972. Treinta años después, en 1.999, se realizó una completa renovación de las instalaciones: estaciones, maquinaria, central de producción de electricidad, instalaciones eléctricas, cabinas, cables, etc., situando las instalaciones al máximo nivel de seguridad y modernidad. No se renovaron las torres, dado el elevado coste de las obras realizadas, quedando su sustitución para más adelante.

Transcurridos 10 años más de vida de las estructuras de las torres (2008) se hacía necesaria la renovación. Las torres habían estado sometidas a grandes sollicitaciones por carga de viento (más de 200 Km/h), de hielo (aumento del peso de la estructura en cuatro veces), de las vibraciones que produce el funcionamiento (38 años de actividad), de los golpes producidos por piedras que ruedan por la ladera, y de los grandes "manguitos" de hielo (formaciones de hielo que se producen en los cables que lo rodean a modo de manguito llegando a tener diámetros de 0,8 a 1 metro) de más de 3 toneladas que descienden deslizándose por los cables tractores a más de 40 Km/h impactando contra la cabeza de las torres con gran violencia. La corrección de los impactos, había obligado a sustituir perfiles que quedaban sin la tensión debida y, por tanto, modificando el esquema resistente de las estructuras.



Durante la vida de las torres fue necesario sustituir varios perfiles afectados por estas deformaciones que se colocaron sin la tensión que debieran soportar, creando distorsiones en el esquema resistente de la estructura. Antes de la renovación, el estado de las torres producía movimientos indeseables durante la explotación, provocando falta de alineación de los apoyos de los cables, que aconsejaron abordar el cambio de las estructuras de las torres.

La forma clásica de realizar las estructuras de teleféricos consiste en el empleo de helicópteros para transportar las piezas nuevas y retirar las antiguas. En el Teide, debido a su altura, los helicópteros experimentan una pérdida de capacidad de elevación del 50%, siendo necesario el empleo de grandes helicópteros (modelos rusos Kamoff), que permiten elevar en el Teide 1,5 Tn.

El problema es que estos helicópteros no están autorizados por el Órgano Rector del Parque Nacional, debido a los impactos (ruido y erosión) que las potentes corrientes de viento creadas por su doble aspa, generan sobre las laderas del Teide.



Otro procedimiento posible fue el empleado en la primera construcción de las torres y que consistió en la instalación de un Teleférico provisional con capacidad de 1.500 Kg, paralelo a la línea, imposible de construir en la actualidad por la afección que produciría al paisaje.

Con cualquiera de estos procedimientos, durante la reconstrucción de las torres, se hubiera paralizado la actividad del Teleférico.

La solución adoptada finalmente, fue acometer la renovación completa de las torres sin detener la actividad del Teleférico, de forma que, se utilizaran las cabinas para el transporte de los perfiles. Para ello, se instaló una estructura de aluminio dentro de una de las cabinas dotada de una grúa con capacidad para 1.500 Kg que, de 7:00 a 9:00 horas de la mañana y de 18:00 a 20:00 horas de la tarde, transportaban perfiles hasta las torres, para conseguir que, desde las 9:00 de la mañana a las 17:00 horas de la tarde, una vez desmontada la estructura, transportara pasajeros. Esto, además de resolver el transporte de las barras de las estructuras, permitía realizar una explotación razonable de la instalación evitando la paralización de la misma durante cuatro meses, con el considerable quebranto económico, calculado en unos 4 millones de euros.

Consultadas empresas especializadas en transporte por cable en Europa, se constató que esta operación jamás se había realizado y, por tanto, supuso un reto enorme para todas las partes implicadas (Proyectista, Director de Obra,

Constructor y Promotor). Se estableció un protocolo de seguridad muy preciso para evitar accidentes, ya que la construcción se realizó con el Teleférico operando con pasajeros; en cada aproximación a cada torre se avisaba a los operarios para que se resguardasen de la cabina. También obligó a buscar y contratar una calidad de fabricación muy alta, dado que cualquier desviación de lo proyectado tropezaría con la estructura antigua impidiendo la nueva construcción.

Las nuevas torres corrigen los problemas de las anteriores, como es situar la escala de ascenso por el exterior, evitando la posible caída de trozos de hielo sobre los operarios con la primitiva colocación en el interior de la torre.

También se dotaron los pilares traseros de protecciones elásticas contra el impacto de piedras rodantes por la ladera, conductos para el cableado óptico y eléctrico.

Dadas las condiciones atmosféricas extremas que se conocían en el Teide, se reforzó la estructura un 15%.

2.- PROYECTO

2.1.- Datos principales

- Fecha del Proyecto: 30 Abril de 2006.
 - Comienzo de las obras: 10 Septiembre de 2007.
 - Finalización de las obras: 20 Julio de 2008.
 - Autor del Proyecto: Miguel Pintor Domingo y Luis Pintor Sepúlveda.
 - Director de las obras: Luis Pintor Sepúlveda.
 - Promotor: Teleférico del Pico del Teide S.A.
 - Constructor: Garaventa A.G. (Thun-Suiza).
- Las Torres están numeradas en sentido ascendente, siendo de iguales dimensiones las torres 1,2 y 3 y más corta, pero con una cimentación más alta, la torre 4. Las cuatro torres se encuentran a las cotas 2.681, 2.972, 3.355 y 3.488 sobre el nivel del mar.

2.2.- Dimensiones de las torres

- Altura de las torres 1, 2, y 3 desde cimientos hasta parte inferior de la cabeza de la torre: 44,75 m. y hasta coronación de la cabeza: 48,95 m.
- Altura de la torre 4 desde cimientos hasta parte

inferior de la cabeza de la torre: 19,7 m, y hasta coronación de la cabeza: 23,9 m.

2.3.- Materiales.

- Tipo de acero: Fe E355.
- Calidad del acero: B, zincado en caliente.
- Calidad de la soldadura Qc.
- Agujereado: perforado.
- Tornillos de alta resistencia 10.9.
- Cálculo, tolerancias de laminado y apriete de tornillos, según EUROCODIGO.

Secciones principales más características de las estructuras:

- HEB 320, 300 y 200.
- UNP 300.
- RRW 100, 120, 150 y 180 * 5.0.

2.4.- Cálculo de las estructuras

Se realizaron 10 hipótesis de solicitaciones sobre las torres teniendo en cuenta el peso propio de estructura y cables, el peso de formación de hielo en estructura y cables (llegando a cuadruplicar el peso propio de la estructura) , situando "manguitos" de hielo de 80 centímetros de diámetro a lo largo de los cables portantes, y las acciones debidas al viento con y sin hielo en estructura y cables. La hipótesis de viento con hielo en estructura prevé un viento de 100 millas por hora con el 75 por ciento de la superficie envolvente de la estructura recubierta de hielo. Por último, se consideran las acciones de la cabina cargada a tope realizando una frenada de emergencia y los esfuerzos producidos por el rozamiento de las cabinas.

Las hipótesis de carga que figura en el cuadro siguiente, se combinaron en 17 combinaciones de carga, considerando todas las compatibles y que producen efectos pésimos:

HIPÓTESIS DE CÁLCULO

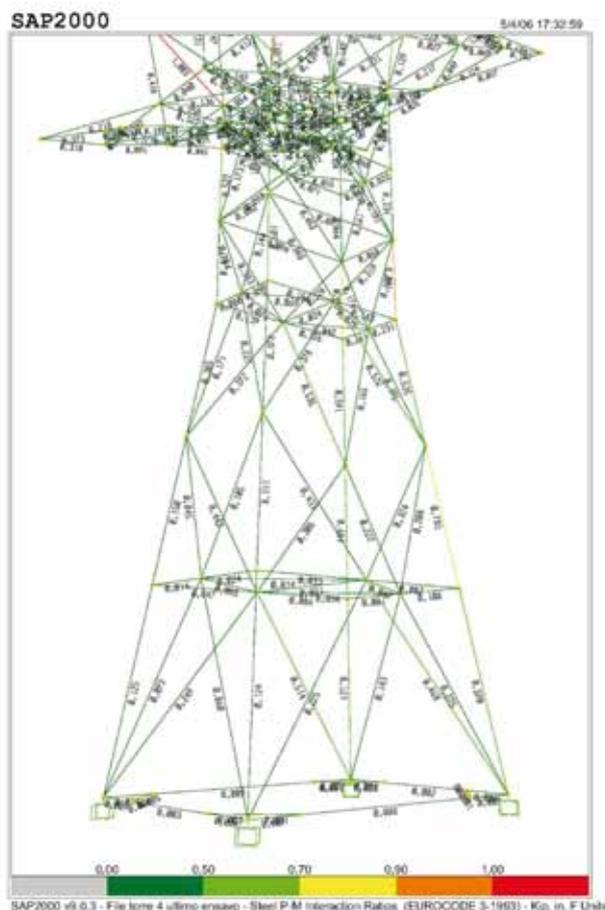
Me	Carga de cables portantes sin hielo.
De	Peso propio de estructura.
Dc	Peso propio de cables.
A1	Cabina 1 hacia valle.
A2	Rozamiento de la cabina 1.
A3	Freno de emergencia sobre la cabina 1.
Wf	Viento lateral sobre cable con cabina.
Mc,ice	Hielo sobre cables.
Wc	Viento sobre cables.
Wc,ice	Viento sobre cables con hielo.

Combinaciones de hipótesis de carga

Combinación	De	Dc	Mc	We	Wc	A1	A2	A3	Mc,ice	Me,ice	We,ice	Wc,ice	Wf
Comb 1	1,4	1,4		1,5	1,5								
Comb 2a	1	1		1					1,2	1,2	0,5	0,5	
Comb 2b	1	1							0,5	0,5	1,2	1,2	
Comb 3			1,2	1,2								1,6	1,6
Comb 4a	1,35	1,35		0,251		1,5	1,5						1,5
Comb 4b	1,35	1,35		-0,25		1,5	1,5						-1,5
Comb 4c	1,35	1,35		0,251	0,251	1,5	1,5						-1,5
Comb 4d	1,35	1,35		-0,25	0,251		1,5			1,5			-1,5
Comb 5a		1,35	1,35		0,251		1,5	1,5	1,5				
Comb 5b		1,35	1,35		-0,251		1,5	-1,5					
Comb 6a	1,35	1,35		1,5	1,5								
Comb 6b	1,35	1,35		-1,5	-1,5								
Comb 7a			1,35		0,251				1,5				1,5
Comb 7b			1,35		-0,25				-1,5				-1,5
Comb 8a		0,05			1				1,5				1
Comb 8b		0,05			-1				1,5				-1
Comb 9	1,35	1,35							1	1	1	1	1

Se sometieron las estructuras a las combinaciones antes indicadas, obteniendo los esfuerzos sobre cada barra, utilizando el programa SAP 2000-11 que calcula los coeficientes de trabajo de cada barra por división entre tensión derivada del esfuerzo axial y del momento en la misma, por la tensión admisible en la barra. Estos coeficientes deben ser inferiores a 1.

A título de ejemplo, se incluye a continuación uno de los esquemas resultantes que corresponde a la combinación "9" de cargas, que resultó ser una de las pésimas. Se manifiestan como inferiores a 1 todos los coeficientes de trabajo de las barras que aparecen coloreados en verde, sólo aparece una barra en rojo, con coeficiente 0.96.



3.- DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

3.1.- Trabajos previos

- **Fabricación y preparación de los perfiles.** La estructura se fabricó en Suiza por la firma Anton Ferger A.G. de Sionen. Se realizó un premontaje de varios tramos de una de las torres para comprobar el sistema constructivo y la calidad obtenida.

Una labor fundamental realizada en fábrica fue la etiquetación de cada una de las piezas y la introducción en el orden correcto en los contenedores para extraerlas en el orden debido, dado el poco espacio disponible en el aparcamiento para el acopio en el Teide. Hay que tener en cuenta que estando el teleférico abierto al público era necesario disponer del máximo espacio para aparcamiento de clientes y, por otro lado, era imposible acopiar fuera de las zonas asfaltadas para el aparcamiento, dado que se entraba en terreno del Parque Nacional. Esta labor fue realizada por el Jefe de Montaje que iba a trabajar en la obra, de esta manera, se evitaron errores y pérdidas de tiempo durante la construcción.

El envío de la estructura se realizó en 8 contenedores de 40 pies.

- **Trabajos en los cimientos.** Antes de comenzar a sustituir las torres, se realizaron 64 perforaciones de 2,5 m de profundidad para introducir los anclajes de sujeción de las nuevas torres. Esta labor fue complicada debido a la imposibilidad de disponer de las perforadoras habituales en cualquier obra, dado que la única manera de poner en obra maquinaria era a través de las cabinas del Teleférico, lo que suponía una limitación en dimensiones y peso. A esto hay que añadir que los cimientos de las torres están fuertemente armados.



También fue necesario el recrecido de algunas de las bases de cimentación con hormigón armado. Es fácil imaginar las dificultades para realizar la puesta en obra del hormigón. Por último, se realizó una rehabilitación completa de todos los paramentos de hormigón de los cimientos, sellado de grietas, tratamientos para las armaduras, tratamiento de impermeabilización y pintado.

3.2.- Acopio y transporte

- **Acopio.** Se realizó en una zona delimitada del aparcamiento de clientes. Se fueron sacando los perfiles de los contenedores en el orden previsto para cada torre y evitando la acumulación de material acopiado. Esta tarea la hacía el Jefe de Montaje cada mañana, sacando las piezas que se iban a utilizar durante la jornada.

- **Transporte.** Se utilizaron las cabinas del teleférico fuera del horario de apertura al público.



3.3.- Montaje de las torres nuevas

Antes de detallar el montaje conviene recordar que todas las operaciones que se describen a continuación se hicieron sin posibilidad de acceso rodado y en condiciones de alta montaña.

El montaje de las torres se realizó en dos periodos separados por el invierno de 2007-2008. Primero se construyó la torre 3 en Septiembre-Octubre de 2007, y posteriormente las torres 4, 2 y 1 en Abril, Mayo y Junio de 2008, respectivamente.

Las nuevas torres se construyeron a pocos centímetros por fuera de las antiguas, rodeándolas, hasta llegar a las vigas maestras que soportan los caballetes de apoyo de los cables portantes.



La construcción de las torres se realizó con el único apoyo de la grúa de la cabina, de manera que los grandes perfiles (de 1 a 1,5 Tn) se descolgaban de la misma y los montadores los guiaban mediante cuerdas y cables hasta su posición definitiva para su atornillado. Para los perfiles y piezas más pequeños no era necesaria la grúa de la cabina, ya que los montadores dispusieron diferentes puntos fijos en la torre antigua con poleas, pequeños motores de tiro y tracktels para el izado y guiado de este material. Estas labores fueron realizadas por un equipo de 6 montadores muy especializados.

Una vez la nueva torre llegó a contactar con la cabeza que sustenta los cables, permanecía en carga la torre antigua y descargada la nueva. Por ello era de temer que si se cortaba el contacto de la cabeza con la torre antigua, tendrían lugar efectos dinámicos perniciosos. Para evitarlo, entre los cimientos y la base de la torre nueva se colocaron gatos con capacidad para 200 toneladas, que elevaron la nueva torre hasta asumir ésta toda la carga de la cabeza y conectarla con la torre nueva, con la certeza de que toda la carga la asumía la nueva estructura, permitiendo cortar el contacto con la torre antigua sin ningún desplazamiento o efecto dinámico. Esta labor fue muy

delicada, siendo controlada mediante topografía y continuas mediciones, dado que cualquier desviación sobre la correcta posición de la torre a la hora de asumir las cargas podría tener efectos negativos sobre toda la estructura. El desplazamiento vertical a introducir en la torre nueva, para conseguir liberar la torre antigua de carga, se calculó en gabinete mediante el programa de cálculo de estructuras SAP 2000-11, anteriormente mencionado.

Los gatos hidráulicos utilizados en esta operación fueron introducidos en huecos realizados en el hormigón de los cimientos.

3.4.- Desmontaje y retirada de la torre antigua

Una vez conectada la torre nueva a la cabeza de la torre y puesta en carga mediante los gatos, se procedió a la desconexión de la torre antigua de la cabeza. Una vez se desmontó la zona cercana a la conexión de la cabeza, se procedió a descender la torre nueva mediante los gatos hidráulicos hasta apoyar completamente en los cimientos.

Posteriormente se realizó el desmontaje completo cortando los perfiles "in situ", acopiándolos en las bases de las torres y trasladándolos con las cabinas del Teleférico a la estación inferior. Del mismo modo que la torre antigua sirvió de apoyo para construir la nueva, para el desmontaje, se utilizó la torre nueva para ubicar todo el sistema de poleas y de tiros para la retirada a las bases de las torres de todas las piezas de las torres antiguas.



Esta labor se realizó sin detener la actividad de la instalación, de manera que los transportes se hicieron fuera de horario de apertura al público.



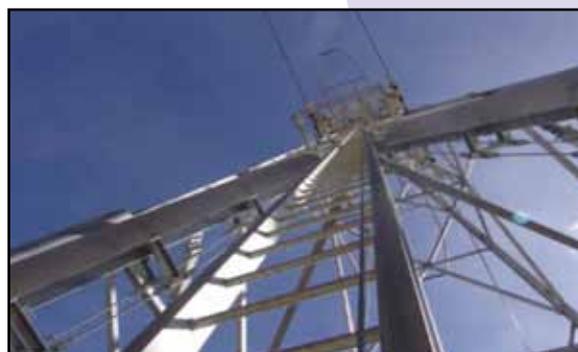
3.5.- Refuerzo del anclaje en los cimientos

Tras la retirada completa de la torre antigua, y la torre nueva en su posición definitiva, se realizó el apriete final de los 16 puntos de anclaje por torre, fijados a los cimientos en las perforaciones de 2,5 m de profundidad. Posteriormente se reforzaron los anclajes de los cimientos con dos perfiles soldados a la placa de cimentación de la torre antigua por cada esquina de la torre.



3.6.- Remates finales.

- Protección de los pilares principales. En los pilares principales del lado montaña de las torres 2 y 3, se colocaron protecciones con disipadores de energía para minimizar los daños que pudieran provocar los impactos de rocas provenientes de la ladera, como ya los habían causado en las torres antiguas.
- Escalera. En la torre antigua, la escalera estaba ubicada por dentro con un único descansillo a media altura, lo cual suponía un riesgo para los trabajadores por la posibilidad de desprendimiento de trozos de hielo de la parte alta. En las torres nuevas la escalera es exterior y está dotada de 4 descansillos, así como de una línea de vida adecuada para su uso.



4.- CONCLUSIONES

Los trabajos se realizaron en alta montaña con cabinas a 50 metros de altura cargadas con 40 pasajeros, pasando cada 8 minutos a 8 metros por segundo por encima de las torres.

Estos trabajos siempre son especiales por el increíble paisaje, el aislamiento y las duras condiciones climatológicas. Es por esto, por lo que se desarrolla fuertemente el espíritu de equipo y de sacrificio, sin el que, obras como ésta, serían muy difíciles de realizar.

Destacar la gran pericia de los operarios austriacos que realizaron el trabajo, sin que se produjera un solo accidente, pese a trabajar con piezas de varias toneladas a una altura considerable y con el Teleférico en uso.

Además, es la primera vez que tal sistema se utiliza en el mundo realizándose, pese a su dificultad, sin ningún percance en una zona completamente aislada, en condiciones de alta montaña y con el debido cuidado de trabajar en un Parque Nacional.

El desarrollo de la obra será, sin duda, imitado en lo sucesivo, ya que gran parte de las estructuras de teleféricos de Europa tienen una edad avanzada y requieren la sustitución de sus torres.

La Humedad de Capilaridad (I PARTE)



Ricardo Ibáñez Serrano

Técnico Especialista de Laboratorio
Laboratorio de Diseño y Construcción de Máquinas
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

1.- INTRODUCCIÓN

En esta primera entrega vamos a analizar un problema recurrente en el mantenimiento de edificios, naves industriales y, en general, en cualquier otra instalación que emplee materiales habituales de construcción. Se trata de la llamada humedad de capilaridad ascendente, y debe su nombre a la humedad, que proviniendo del subsuelo, asciende desde los cimientos hasta los muros del edificio llegando a cierta altura.

Esta humedad contiene sales disueltas, que al evaporarse, precipitan y cristalizan, formando una corona de sales en forma de polvo blanquecino característico, a veces con forma de copos o conjuntos de copos algodonosos, produciendo muchas veces abombamientos interiores de los revestimientos de muros y pinturas.



Fotografía N° 1. Las eflorescencias abomban y desprenden la pintura de un paramento.

Es desconcertante cuando se desconoce el origen y sus mecanismos de actuación, ya que se limpian las superficies y, a menudo, vuelven a presentar eflorescencias de sales al cabo de poco tiempo. Del mismo modo, si las sales se encuentran en cavidades ocultas, reciben el nombre de criptoflorescencias: en los sucesivos ciclos de humedecimiento por capilaridad y secado, las

sales producen disgregación de los materiales y desprendimiento de enlucidos, morteros, pinturas y acabados, debido a que, en la mayoría de los casos, las sales disueltas presentan grandes cambios dimensionales (del orden de 4 veces), expansionándose por hidratación y produciendo fisuras y roturas de los poros de los materiales de construcción habituales.

El muro húmedo, en exteriores, provoca adherencia de suciedad que, a su vez, es caldo de cultivo para hongos, musgo, verdín, etc. Las humedades de capilaridad ascendente se manifiestan en los exteriores de los muros por una franja, que muestra normalmente un oscurecimiento, coronada por eflorescencias. Presenta una altura constante, aunque con borde irregular, que puede tener una altura de varios centímetros a partir del suelo, e incluso, superar el metro de altura.



Fotografía N° 2. Las sales disueltas precipitan siguiendo el contorno de la escalera.



Fotografía N° 3. Las sales disueltas precipitan siguiendo el contorno de la rampa.

Normalmente mantiene el paralelismo entre la calle y la franja, manteniendo la altura capilar en rampas y escaleras, presentando disminuciones de la misma alrededor de huecos y en esquinas.



Fotografía N° 4. La humedad del subsuelo se evapora y las sales disueltas se expanden y desprenden la pintura.

El muro húmedo, en interiores, se manifiesta a veces en una franja de altura más o menos constante, coronada por una línea irregular donde se produce el ampollamiento de la pintura, e incluso desprendimientos del enlucido. Si el recubrimiento de la pared es poroso, presenta igualmente eflorescencias blanquecinas de sales. Produce un incremento de la humedad ambiente de la estancia, haciendo los interiores húmedos e insalubres.

En muchos casos se observa la proliferación de moho e insectos asociados, como el piojo de los libros, ácaros, etc. (insectos que proliferan en ambientes húmedos), manchas oscuras en la pared, manchas amarillentas y verdosas, y combinaciones de las anteriores, no sólo en la pared, sino sobre cortinas, muebles y ropa de casa.

Si se ha reparado y pintado recientemente, se detecta, por cambios de temperatura en superficie simplemente pasando la mano por la pared, de arriba abajo hasta el zócalo, encontrando más fría la zona inferior. Sin embargo, muchas veces el yeso y la escayola de acabado que se utiliza en interiores, debido a su carácter higroscópico, distribuye de forma uniforme la humedad, pareciendo “de condensación”, incrementando notablemente la humedad relativa interior, complicando la diagnosis (sobre todo, si para hacer habitable una vivienda, se ha pintado recientemente).



Fotografía N° 5. La humedad del jardín asciende por los capilares del mortero y los bloques desprendiendo la pintura.

Es muy importante considerar que en los materiales de construcción, la detección de la humedad, tanto de forma visual y/o mediante el tacto, no se presenta hasta que ya empieza a mostrar sus efectos perniciosos; y si bien, el cuerpo detecta diferencias de temperaturas inferiores al grado centígrado, sólo cuando hay grandes variaciones de humedad somos capaces de detectarlas. Por ejemplo, la madera puede ser atacada por el moho con un contenido de humedad del 20%, sin embargo, al tacto no la sentimos húmeda hasta que no llega al 30%.

Por tanto, se hace imprescindible utilizar técnicas especializadas de medida y diagnóstico, tanto para medir el grado de humedad de las superficies, como de la distribución de temperaturas. Así, mediante Termografía Infrarroja se puede determinar la situación del problema, antes y después de los tratamientos, permitiéndonos documentar y comprobar la bondad de los mismos.

2.- DIAGNÓSTICO Y MEDIDA

A través de Termografía Infrarroja, analizando los cambios de temperatura que registran, podemos:

- Determinar la presencia de humedad en el muro. En la Fotografía N° 6 se puede observar que la imagen infrarroja revela acumulación de agua en la parte inferior, coincidiendo con una temperatura más baja.
- Observar los caminos que sigue el agua hasta humedecer los materiales de construcción.
- Ver los orígenes de roturas.
- Pérdidas o fallos de impermeabilización.

Por otra parte, con el empleo de equipos portátiles Medidores de Humedad de materiales, podemos:

- Identificar la extensión de la penetración de humedad e incluso hacer un “mapa” con los pun-



Fotografía N° 6.

tos de medida, uniendo los puntos de similar humedad como si de un mapa de isóbaras se tratase, para cuantificar y diagnosticar la causa del problema.

- Estos equipos de medición suelen incorporar varias funciones, tales como:
 - o En la Fotografía N° 7 vemos el MMS Pro-timeter realizando la búsqueda de humedad en modo “grueso” mediante radiofrecuencia, que llega a una profundidad de unos 15 mm.



Fotografía N° 7.

- o En la Fotografía N° 8 tenemos el mismo equipo haciendo medidas mediante pines de contacto. Es necesario saber el tipo de material y hacer las correcciones adecuadas para determinar el contenido de humedad.



Fotografía N° 8.

- o En la Fotografía N° 9 se presenta haciendo mediciones de humedad en muros con sondas profundas de pared, mediante el taladrado previo de dos agujeros de 6 mm de diámetro, con una separación de 50-75 mm a la profundidad requerida.



Fotografía N° 9.

La medición con sondas profundas de pared permite determinar si la humedad proviene de la ascensión capilar o si está acompañada de agua de lluvia o fuente de humedad exterior (Ver Figura N° 1).

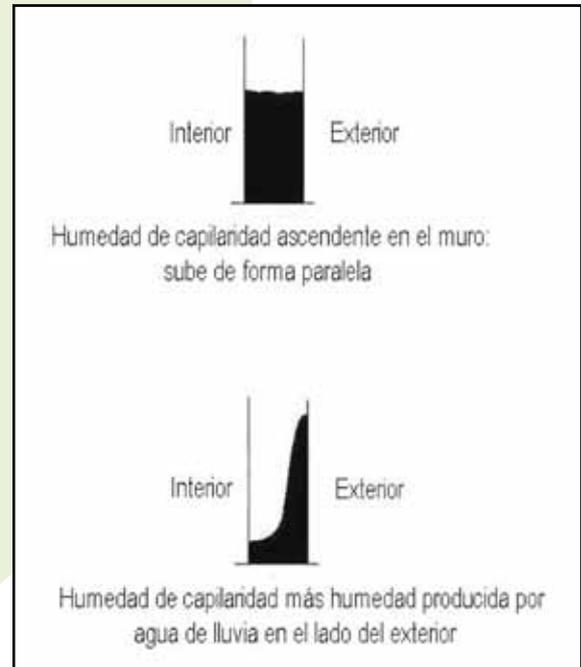


Figura N° 1.

3.- MANTENIMIENTO Y CURA DE LAS EFLORESCENCIAS DEBIDAS A LA CAPILARIDAD

Lo ideal, antes de la eliminación físico-química de las eflorescencias, es asegurarse de que los ciclos de saturación- evaporación hayan concluido (si la causa del exceso de humedad es una inundación, esperar a que seque; si la causa es una rotura de tubería, repararla, etc.).

- Si las eflorescencias son producidas por álcalis (presentan un aspecto de pelusa blanca), se cepillan sin lavar con agua.
- Si las eflorescencias son blancas de sulfatos solubles, basta un cepillado y un lavado de la superficie con agua lo más pura posible.
- Si las eflorescencias se deben a carbonatos, se cepilla la superficie, se moja la pared de agua muy pura (para evitar la absorción excesiva de ácido en la etapa posterior) y se aplica una solución débil de ácido clorhídrico al 10%, lavando seguidamente con agua pura.
- Si nos encontramos con criptoflorescencias, es decir, eflorescencias pero en el interior de la pared, además del proceso de lavado con ácido clorhídrico diluído hay que reponer las partes disgregadas.

Para evitar la ascensión capilar cuando no se puede evitar la fuente de humedad, se emplean varias técnicas:

Los sistemas de inyección química a baja presión se basan en la infiltración en el muro de sustancias que, o bien bloquean la red capilar y, por tanto, disminuyen ostensiblemente la capilaridad y absorción de agua; o bien, se infiltran sustancias hidro-repelentes que constituyen una barrera efectiva.

Los más empleados para bloquear la red capilar están basados en silicatos de etilo con formulaciones propietarias, a veces mezclados con alquil-alcoxisilano para añadir propiedades hidrofugantes a las propiedades consolidantes. Reaccionan con los componentes del soporte taponando la red capilar al cabo de varios días de reacción, para lo cual deben embeber el soporte donde se aplican.

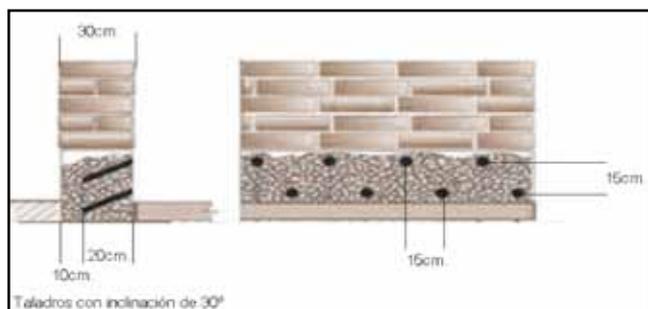


Figura N° 2.

Los sistemas de aireación y desecación de muros, entre los que se destacan:

- La apertura de galerías ventiladas por el lado exterior, junto al muro de cimentación. Es reconocida como una de las mejores soluciones (patio inglés).
- Creación de arcos en el propio muro (arcos de descompresión capilar), cerrando los huecos con elementos que permitan la ventilación.
- Utilización de revocos porosos: son morteros de alta porosidad, también llamados de sacrificio, que constituyen una solución idónea si se complementa con los sistemas de inyección química.
- Ventilación pasiva por convección de la base del muro mediante conducto. Uno de los métodos consiste en la aplicación perimetral de un perfil de hormigón en forma de "U" con la apertura hacia la pared, creando un conducto con una toma de aire en un extremo a nivel de planta baja, y el otro extremo conectado a un ventilador eólico en cubierta (ghibli); o bien, los

extremos son conectados a partes opuestas de la vivienda siempre que creen un diferencial de presión que provoque un flujo de aire. La desecación por este método de la base del muro evita la ascensión capilar, siempre que el flujo de aire sea suficiente. Un método similar utiliza perfiles prefabricados de cerámica porosa de alta higroscopicidad que se instalan de manera parecida.



Fotografía N° 10. AERATOR-CONDENSOR de Knapen.



Fotografía N° 11. Sistema de perfiles en "U" (Servicio de Rehabilitación COAAT Sevilla).

4.- CONCLUSIÓN

En el mantenimiento de edificios, naves y cualquier otro elemento que emplee materiales de construcción habituales, es necesario, además de tratar las eflorescencias cuando se presentan, conocer en lo posible el origen de la humedad que provoca los ciclos de secado-hidratación sin recurrir a soluciones "parche", que lo único que hacen es dilatar los problemas y aumentar los costos a medio-largo plazo. El empleo de técnicas termográficas y medidores de humedad específicos cuantifican y localizan los problemas.

La aplicación de inyecciones de siliconatos o mineralizadores, sistemas de aireación de muros o aplicación de morteros porosos "de sacrificio", constituyen soluciones más económicas que la realización de barreras capilares de tipo epoxi, polietileno o de morteros técnicos de baja capilaridad mediante corte de los muros y aplicación de las mismas (Ver Tabla 1).

Mineralizadores	Revocos porosos
Minersol	Thermosan cal
Disom-505	Weber.tec hydromur
Mineralizador (Pinturas Colamina)	Classical deshumidificante
Murodry-H	Mortero de Cal Texcal
Mineralizador Copsa	
Minerkim	

Tabla 1.

Los Retos de la Innovación en Inteligencia Artificial Avanzada



Roberto Moreno Díaz

Es Académico Correspondiente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid, desde 1981. **Premio Canarias de Investigación en 1985.** Académico Fundador y Vicepresidente de la Academia Canaria de Ciencias. Primera Placa a la Excelencia Universitaria de la ULPGC. Hijo Predilecto de Gáldar y Can de Plata al mérito científico del Cabildo Insular de Gran Canaria.

Catedrático Emérito de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria Premio Canarias de Investigación 1985

Ensayo

En Inteligencia Artificial (IA) avanzada se buscan herramientas formales lo suficientemente potentes para describir el todo y las partes de un sistema capaz de sentir el medio, de percibirlo, de construirse un modelo de sí mismo en ese medio, y un buen y eficaz modelo del medio, de sus posibles reacciones en él; capaz de actuar sobre el mismo a través de las acciones efectoras que el sistema decida. De predecir el comportamiento del medio a través de hipótesis de acción en sus modelos. Capaz de aprender, con y sin dichas hipótesis, es decir, capaz de crear y modificar reglas y procedimientos de acción. De poseer objetivos que puedan ser explicados y capaz de establecer estrategias complejas de actuación.

En IA se cree que si dichas herramientas formales se encuentran, entonces podemos, al menos en teoría, construir tal sistema.

Esos retos no son nuevos. De hecho, las potencialidades descritas para el deseado sistema son un resumen de lo que muchos seres vivos hacen y menos de lo que nosotros mismos hacemos. Cada época se ha enfrentado a un conjunto parecido de objetivos y los ha intentado resolver a su manera, es decir, con las herramientas que la historia y la época les proporcionaron.

Aún pensando que nuestra era de computadoras posee las herramientas más potentes que han existido hasta el momento, las desiderata no son tampoco menos. De hecho, ya a principios de los cuarenta, el programa Percepción-Computación Comportamiento adaptivo e inteligente, programa PCCai, quedó establecido, al poner juntas las herramientas formales que hasta entonces habían surgido y de las que se esperaba el éxito. Han ocurrido, desde entonces, varias cosas. Primero, nos percatamos de que las herramientas no eran tan adecuadas, excepto para situaciones que podrían ser descritas de forma exhaustiva, que, por desgracia, son situaciones triviales. Por ejemplo, la percepción escapa absolutamente a ello. Segundo, nuestros conceptos computacionales estaban sujetos al corsé demasiado estrecho de los números computables, una herencia lógica de la propia lógica clásica, que, despreciando la metodología de la física teórica, caía en sus propias rampas como generadora de teoría del conocimiento. Tercero, lo más que se aportaba formalmente para entender el comportamiento estaba ligado a la regulación y a la homeostasis, sin considerar las extraordinarias complicaciones conceptuales que proceden de la última acción efector-motora. En definitiva, Wiener, Rosemblyth, Bigelow, Von Neuman, Craick, McCulloch, Pitts y Shannon estuvieron acertados al plantear

el programa PCCai como un programa de futuro para acercarnos a la máquina ideal que se enfrentará a lo humano. De hecho, creemos que lo acertado fue el percatarse que el programa, a niveles completamente formales, era planteable. En ese sentido, reafirmamos que, incluso hoy, con los computadores a nuestro lado, no estamos diciendo mucho nuevo, a pesar de que la potencia de cálculo se ha multiplicado casi tanto como el número de neuronas durante la evolución.

En un camino de siete décadas, camino de vértigo exponencial que ha llevado a la conclusión de que entender es sinónimo de construir, resulta que no hemos ido mucho más lejos de los planteamientos de quienes, de una forma o de otra, yendo por encima o disimulando con metáforas los inconvenientes de su tiempo, plantearon el programa original. En este tiempo hemos tenido desde visionarios sin fundamento hasta bien fundamentados crípticos computacionales. Pero lo que a estas alturas queda claro es que es preciso un salto conceptual. Se ha multiplicado por grandes cifras la velocidad computacional y el número de unidades que están a nuestra disposición para computar o almacenar datos; se tiende a sensores que sensan más y a robots-efectores que actúan con más precisión que delicadeza. Pero de un millón de enanos no surge un gigante.

De un millón de enanos organizados surge un pseudogigante. Viejos y clásicos problemas que habrían sido dados por imposibles han sido o están siendo resueltos. Cuando tenemos más -o menos- identificados mil parámetros que pueden actuar sobre otros mil variables, nos ponemos ahora el gorro que nos quitábamos hace unos no muchos años, gracias a la Herramienta. Ecuaciones altamente no lineales, no seguibles, en tecnología y en física, ya son perfectamente tratables. Problemas de manejar gran cantidad de datos no numéricos, con diccionarios complejos y reglas de interpretación, donde el número de condicionantes y condicionables queda a nuestra voluntad, están en nuestra mano, con la única y costosa condición de tener la suficiente paciencia y gente para meter eso dentro de la Herramienta; aunque muchas veces nos percatamos que no habríamos entendido aquel universo tan bien como pensábamos. Accedemos con procedimientos hechos a nuestra medida, de tal forma que, con cuatro ideas y tres iconos, creamos nuevos universos, tri o multidimensionales que existen mientras nuestra cabeza existe. Pero, ¿qué

añade todo eso al no nuevo programa del PCCai?

Utilizo ahora una frase de mi maestro, del cual se pueden decir muchas cosas, excepto que no era real y provocativo: “El mundo es tan complejo como la concepción que un cerebro tenga del mismo”. Vale así para entrar en infinitas disquisiciones que nos llevan fuera del Programa. Pero, en el programa, nos hemos preocupado de entender qué implica el modelar un medio? Sólo en situaciones triviales, descriptibles en la lógica; porque el tema es integral. Y cuando se han hecho intentos de formalización con modelos más altos, todo queda en palabras no realizables. Ahí está el reto. McCulloch escribió un programa de epistemología neurofisiológica, más lógica, en los cincuenta, que tituló: ¿qué es un número que el cerebro lo puede conocer, y qué es un cerebro que puede conocer un número? El planteamiento, en todas sus consecuencias y que, evidentemente, ha de ser dividido en partes para poder ser entendido y resuelto, pero teniendo en cuenta su carácter global, podrá ser reexpuesto así: ¿Qué es el mundo, que un cerebro lo puede “conocer”; y qué es un cerebro que puede “conocer” el mundo? La respuesta, por desfortuna, es múltiple y muchas veces, como se ha indicado, trivial. Si se parte de un “cerebro” simplón, aún siendo un gigante amañado, el mundo es un manojo de trivias. Y viceversa. De otra parte, están los éxitos casi mecatrónicos puros, que son espectaculares (de espectáculo) pero con una IA de sofisticación dudosa. Ver por ejemplo Hoap (Fujitsu), Crio (Sony), Kawada, The Shadow, Leg Lab (MIT), Honda (Asimo) y otros muchos.

Y para finalizar, volvemos al tema uno. Tal como están las cosas, en el programa pendiente es preciso volver a los objetivos. Es preciso volver a la viceversa del último párrafo anterior y procurar que no sean trivialidades. Es preciso hacerse un serio listado de lo que queremos que lo artificial haga, y no parar en “visionariums” naifs, en pantallas de infinitos colores, en formas multidimensionales que entran por nuestros ojos, oídos, tactos y quizás olfatos para desconectarnos del mundo real, que existe. Y plantearnos interrogantes del tipo de los objetivos resumidos del programa. Un Programa que en esencia sigue pendiente y va a ocupar, no una vida, sino muchas. Porque es del tipo de problemas que, como en el cero absoluto de la termodinámica, un enorme paso adelante nos añade tantas cuestiones nuevas que cada vez parece más lejano.

ROBERTO MORENO DÍAZ

Nació en Gáldar, Gran Canaria, el 11 de Septiembre de 1939. Licenciado en Física en 1962 y Doctor en 1965, ambos por la Universidad de Madrid (ahora Complutense), con trabajos sobre redes neuronales lógicas y modelos electrónicos de neuronas y redes neuronales. Es Catedrático de Universidad desde el año 1968 (Electromagnetismo y posteriormente, Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial).

De 1962 a 1965 fue Prof. Adjunto de Física Industrial de la Universidad de Madrid. De 1965 a 1968 fue miembro del Staff del Charles Stark Draper Laboratory, del Instituto Tecnológico de Massachusetts, Mass. USA (MIT), y posteriormente, consultante del mismo. Allí trabajó sobre procesos visuales naturales y artificiales y sus arquitecturas, bajo la supervisión de Warren S. McCulloch uno de los padres de la Cibernética. De 1969 a 1979 fue Catedrático-Director del Departamento de Electricidad y Electrónica de la Universidad de Zaragoza, donde funda un grupo de investigación en redes neuronales, visión y computación. En 1979 regresa a Las Palmas, siendo fundador de los varios grupos de investigación sobre Redes Neuronales, Percepción Natural y Artificial, Sistemas, Neurocibernética y Visión Robótica que actualmente existen en la ULPGC.

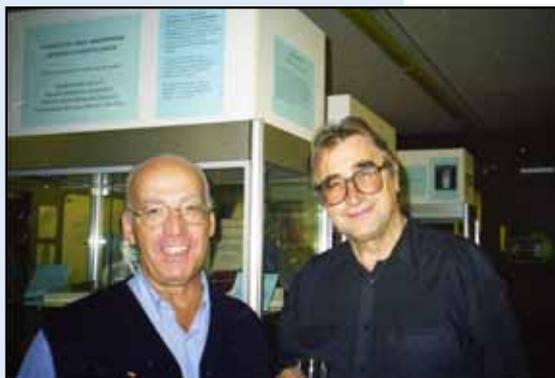
Moreno-Díaz es autor o coautor de más de ciento veinte trabajos de investigación sobre neurocibernética, teoría retinal y visión natural y artificial. Ha dirigido 22 tesis doctorales en esos temas y en multimedia, presentadas en las Facultades de Matemáticas, Físicas y de Informática y las ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones de Zaragoza, Politécnica de Madrid, La Laguna y de Las Palmas de Gran Canaria. Ha sido invitado a numerosas Universidades nacionales, de Europa y de Norteamérica. Ha organizado quince Congresos Internacionales sobre Informática, Teoría de Sistemas Ayudados por Ordenador y Neurocibernética. Es coeditor de 21 volúmenes sobre esos temas publicados por Alianza Editorial, Springer-Verlag, Hemisphere y The MIT Press.

Ha ocupado distintos cargos docentes y de investigación (Decano y Vicerrector en la Universidad de Zaragoza; director del ICE y Decano en la ULPGC, director del Instituto Tecnológico de Canarias y director del Instituto Universitario de Ciencias y Tecnologías Cibernéticas de la ULPGC). Es Profesor Emérito de la ULPGC.

Desde 1999 está en posesión de todos los tramos (seis) de reconocimiento investigador que concede el Ministerio de Educación y Ciencia y de los seis docentes.

Es Académico Correspondiente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid, desde 1981. Premio Canarias de Investigación en 1985. Académico Fundador y Vicepresidente de la Academia Canaria de Ciencias. Primera Placa a la Excelencia Universitaria de la ULPGC. Hijo Predilecto de Gáldar y Can de Plata al mérito científico del Cabildo Insular de Gran Canaria.

CONFERENCE PROCEEDINGS de EUROCAST, donde se pasa revista cada dos años en Las Palmas de Gran Canaria, a las investigaciones e innovaciones relacionadas con las aplicaciones de las computadoras.



Roberto Moreno y Franz Pichler (Austria). Creadores del Eurocast.

Los Congresos EUROCAST están dirigidos a científicos y técnicos a nivel mundial que trabajan en cuestiones de vanguardia relacionadas con la teoría y la tecnología de sistemas en un rango amplio que va desde los sistemas tecnológicos a los sistemas naturales y sociales.

La documentación de los Congresos EUROCAST está disponible en Springer Verlag y en el Instituto Universitario de Ciencias y Tecnologías Cibernéticas de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria:

Pichler, F.; Moreno-Díaz, R. (eds): "Computer Aided Systems Theory. Lectures Notes in Computer Sciences", 410; Springer, Germany. June, 1990. ISBN 3-540-52215-8.

Pichler, F.; Moreno-Díaz, R. (eds): "Computer Aided Systems Theory. Lectures notes in Computer Sciences", 585. Springer, Germany, Feb. 1992. ISBN 3-540-55354-1.

Pichler, F.; Moreno-Díaz, R. (eds): "Computer Aided Systems Theory. Lecture Notes in Computer Sciences", 763. Springer, Germany, Feb. 1994. ISBN 3-540-57601-0.

Pichler, F.; Moreno-Díaz, R.; Albrecht, R. (eds): Computer Aided Systems Theory. Lecture Notes on Computer Science nº 1030. Springer, Germany, Feb. 1996. ISBN 3-540-60748-X.

Pichler, F.; Moreno-Díaz, R. (eds) Computer Aided System Theory. Eurocast 97. Lecture Notes on Computer Sciences no. 1333, Springer, November 1997. ISBN 3-540-63811-3.

Pichler, F., Moreno-Díaz, R., Kopacek, P. (eds) Computer Aided Systems Theory- Eurocast 99. Lectures Notes in Computer Sciences no. 1798. March 2000. Springer. ISBN 3-540-67822-0

Moreno-Díaz, R; Buchberger, B.; Freire, J.L. (eds) Computer Aided Systems Theory- Eurocast 2001. LNCS 2178 July 2001. Springer. ISBN-3-540-42959-X.

Moreno-Díaz, R., Pichler, F. (eds) Computer Aided Systems Theory- Eurocast 2003. LNCS 2809 July 2003. Springer. ISBN3-540-20221-8.

Moreno-Díaz, R., Pichler, F., Quesada Arencibia, A. (eds) Computer Aided Systems Theory- Eurocast 2005 LNCS 3643 July 2005. Springer ISBN3-540-29002-8

Moreno-Díaz, R., Pichler, F., Quesada Arencibia, A. (eds.) Computer Aided Systems Theory- Eurocast 2007 LNCS 4739 Sept. 2007 Springer ISBN 3-540-75866-6

Moreno-Díaz, R., Pichler, F., Quesada Arencibia, A. (eds.) Computer Aided Systems Theory- Eurocast 2007 LNCS 5717 Oct. 2009 Springer ISBN 3-642-04771-8

Los Extended Abstracts del Congreso Eurocast 2011, Las Palmas de Gran Canaria están aún disponibles en:

<http://www.iuctc.ulpgc.es/spain/eurocast2011/>
y en <http://www.iuctc.ulpgc.es/spain/eurocast2011/news.html>

La Cooperación como Transferencia de Know-How



María del Pino Artilles Ramírez

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

1.- INTRODUCCIÓN

En este artículo se va a tratar de plasmar la experiencia, a lo largo de varios años, de un equipo de cooperación que pertenece a la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), liderado por el profesor Mariano Chirivella Caballero, y cuyas acciones se han centrado específicamente en un único país de nuestra área de influencia, Cabo Verde, y en un ámbito de actuación concreto: la formación de Recursos Humanos especializados en el área del Mantenimiento de Instalaciones Industriales, Hoteleras, Hospitalarias y de Producción Energética. Se sustenta en la transferencia de know-how que puede aportar Canarias en el ámbito del mantenimiento de instalaciones y equipos hoteleros, producción y calidad del agua, en ambientes adversos por su proximidad al mar y por estar esas instalaciones ubicadas igualmente en islas, con lo que esto significa en referencia a la dependencia del exterior.

El país de actuación, Cabo Verde, es un pequeño archipiélago situado en el Océano Atlántico, a unos 455 Km de la Costa Occidental Africana. Es un país independiente desde 1975, compuesto por 10 islas (9 de ellas habitadas) y varios islotes, con una superficie total de 4.033 Km². Es un país que genera una Zona Económica Exclusiva de 734.265 Km², concepto que hace referencia al derecho de explotación de todo lo existente en el subsuelo marino, sobre el lecho marino y sobre las aguas que lo cubren (pesquerías).

Cabo Verde ha pasado la etapa de consolidación de la democracia con una república que lleva más de 30 años desde su fundación. Los recursos económicos dependen sobre todo de la agricultura, que sufre frecuentemente los efectos

de la sequía, y de la riqueza marina. Los cultivos más importantes son el café, la banana, caña de azúcar, el maíz, la batata y productos tropicales.

El sector industrial se encuentra en pleno desarrollo y podemos destacar la fabricación de aguardiente, vestuario y calzado, las conservas de pescado, extracción de sal, y en los últimos años, especialmente el desarrollo turístico. En general, existe una elevada carencia en la recuperación y construcción de infraestructuras de producción e instalaciones que sustenten el incipiente y pujante desarrollo de la actividad turística. Dentro de los sectores productivos, el sector servicios es, con diferencia, el que aglutina el mayor porcentaje.

La población residente en el país ronda los 434.263 habitantes, arrojando la estructura poblacional un alto número de población joven con una media de edad de 23 años, y con un alto índice de desempleo. La esperanza de vida está entre 62 años para los hombres y 65 para las mujeres. La falta de recursos naturales y las escasas lluvias determinan la salida de muchos caboverdianos al extranjero. Actualmente la población caboverdiana que ha emigrado es mayor que la que vive en el país. Además, las posibilidades de una formación a nivel universitario han estado supeditadas a la salida del país, hasta la reciente creación de la Universidad Pública de Cabo Verde.

El marco de esta cooperación, y siempre en consonancia con las instituciones caboverdianas, pretende contribuir al desarrollo económico de Cabo Verde mediante la formación de Recursos Humanos especializados en áreas que tienen que ver con la falta y mal estado de infraestructuras, el estado de las instalaciones y sensibilización con respecto a problemas ambientales como

son los residuos, utilización eficiente de energía y agua, así como la resolución de problemas de escasez de agua en esta región.

Aunque Cabo Verde afronta un desarrollo incipiente de construcción de infraestructuras y demanda de servicios, hay que tener en cuenta que la enorme complejidad de las instalaciones necesarias para aumentar el confort y producir un aumento de experiencias del turista en el caso hotelero; y mejorar la eficiencia en las áreas de producción industrial, conduce a analizar la gestión del mantenimiento no sólo desde el punto de vista del coste. Por otra parte, el turista exige cada vez más iniciativas interesantes sobre protección ambiental y rechaza la falta de medidas correctoras respecto a la contaminación. Además se percibe una demanda de información ambiental y turística y una postura muy exigente sobre la calidad ambiental del lugar. Eso nos obliga sin duda a que los recursos humanos encargados del mantenimiento deban tener una formación no sólo en áreas tecnológicas, sino en otras áreas relacionadas con el Medio Ambiente y la Seguridad de los clientes internos (los recursos humanos de los otros departamentos de las instalaciones) y los clientes externos. Todo ello sin olvidar que el mantenimiento permite alargar la vida útil de los equipos e instalaciones proporcionando ventajas competitivas a las empresas que lo sepan implantar de forma adecuada.

De este modo, la idea clara desde el principio ha sido la formación de especialistas en mantenimiento, con carácter multidisciplinar que permita el trabajo en las distintas instalaciones básicas de hospitales, hoteles, edificios institucionales etc. Así, se ha tratado de proporcionar a los futuros especialistas en mantenimiento los conocimientos globales y necesarios sobre las citadas instalaciones para que, además de resolver averías y atender emergencias, pudieran establecer los diagnósticos adecuados que les permitiera aumentar la calidad del servicio, reducir los costes y posibilitar ahorros importantes en relación a las distintas instalaciones.

Con esta formación de especialistas en mantenimiento se ha pretendido conseguir:

- Asegurar mediante la intervención de técnicos con perfil polivalente, las funciones de mantenimiento hotelero, hospitalario, industrial y de edificios, en las áreas que afectan a los servi-

cios que prestan.

- Asegurar la adecuada gestión de los servicios técnicos, promoviendo incluso las mejoras en los equipamientos e instalaciones, de acuerdo con los nuevos planteamientos en seguridad, higiene y medio ambiente.
- Estudio de las diferentes instalaciones y las intervenciones necesarias mediante un plan de mantenimiento que contemple los distintos tipos del mismo (TPM, PREVENTIVO Y CORRECTIVO) y su posibilidad real de implantación.
- Desarrollo de capacidades emprendedoras, fomentando iniciativas empresariales con nueva visión en medio ambiente y responsabilidad social.

Para poder llevar a cabo las líneas propuestas, este equipo de cooperación se ha distinguido, desde sus inicios, en la apuesta por una estructura de grupo poco frecuente en estos ámbitos: una estructura de equipo de trabajo “no endogámica” y multidisciplinar. En este sentido, se tiene que los responsables del grupo y de los proyectos, así como varios de los miembros, son docentes de la ULPGC de distintas áreas de conocimiento; pero se destaca la incorporación de profesores que pertenecen a la formación profesional, así como, la suma de la colaboración de expertos del mundo empresarial canario con una amplia experiencia en las áreas en las que incide la cooperación. El apoyo en determinadas tareas logísticas y elaboración de documentación, ha sido desarrollado por gente joven recién titulada y con una predisposición y perfil de cooperación bien identificado.

La razón del nacimiento de este equipo y las diferentes actuaciones en cooperación en Cabo Verde, tienen su origen (y su posterior desarrollo) en el más potente de los argumentos de cualquier cooperación, **las personas**:

- Por una parte, determinadas **personas** de Cabo Verde que, ocupando cargos de responsabilidad y de forma desinteresada, solicitaron la implicación de este equipo de ULPGC en proyectos con su país. Este punto de partida, sin duda, facilita mucho la labor de cooperación, porque las acciones que se ejecuten encajarán realmente con las necesidades de desarrollo de ese país, puesto que han sido detectadas

y evaluadas internamente. Este aspecto no suele ser frecuente en el planteamiento de los proyectos de cooperación, donde el análisis de necesidades de la región en cuestión, tiende a realizarse desde fuera hacia dentro (es decir, desde la perspectiva del país que presta la ayuda).

- Por otra parte, de las **personas** que han conformado el equipo porque han buscado, en estos proyectos de cooperación para la formación de recursos humanos, un único rédito real: la satisfacción del éxito de los proyectos.
- Y por último, y sin duda el más importante, las **personas** de Cabo Verde beneficiarias directa o indirectamente de los proyectos, porque han recibido la formación y, como resultado del proyecto, encuentran o generan un empleo. En términos generales, se contribuye a mejorar su situación actual.

Dentro de este reparto, deben ser incluidas también aquellas personas que desempeñan su labor en las instituciones que aportan los fondos o los gestionan, ya que en muchas ocasiones, es tal su desempeño e implicación para que los proyectos salgan bien, que se les puede considerar como parte del equipo de cooperación.

En ese sentido, el que los ejes de estas acciones de cooperación se establezcan en base a “personas” comprometidas, aseguran que se puedan producir “**asociaciones afectivas**” entre estos ejes (argumento recurrente de D. Mariano Chirivella). Esto favorece que se encaren los problemas desde enfoques más prácticos, se reduzcan las dificultades creadas por las diferencias en la cultura de gestión que normalmente existe entre los países, etc. En general, se traduce en proyectos que dan sus mejores frutos, extendiéndose su influencia en el tiempo, más allá de la finalización de los fondos.

Otro aspecto a destacar es que este grupo de cooperación ha asumido como necesario la filosofía del “**empoderamiento**”, que se puede traducir en este caso, como la toma de responsabilidad por parte del que recibe la acción de cooperación, el poder de hacer, de ser capaz, así como de sentir mayor control de la situación. Según este enfoque el individuo tiene un rol activo y puede actuar en ese programa, y en cualquier otro, con una actitud crítica, favoreciendo el feed-

back durante el desarrollo de las acciones. Esta noción rompe con la idea de que la persona que recibe la acción es un ser pasivo de la cooperación, y pasa a convertirse en un actor legítimo. Esta visión es un elemento central para lograr un cambio social efectivo. El empoderamiento es multidimensional y se promueve a través de vías como la educación y la formación profesional, el acceso a la información, al trabajo digno y remunerado, entre otros (<http://www.foroao.org>).

Desde esta perspectiva, y siendo la formación en el área de mantenimiento de instalaciones (área técnica) el núcleo central de los proyectos de este equipo de cooperación, se ha hecho especial hincapié en la necesidad de la incorporación y la participación activa de mujeres a estas acciones de formación (estableciéndose un porcentaje mínimo entre el 40 y 50%) porque, sin duda, el empoderamiento de la mujer africana debe ser un objetivo social y de desarrollo.

La gran característica diferenciadora de este grupo es el haber logrado realizar un trabajo de cooperación continuado, tanto en la evolución de las acciones, como en la continuidad en el tiempo. Han sido más de seis años llevando a cabo diferentes proyectos (dentro de la misma línea de trabajo), con asignaciones económicas de distintas administraciones e instituciones españolas. Asimismo, la ejecución en diferentes islas, y el distinto alcance de cada proyecto, supuso igualmente la colaboración con diferentes agentes locales caboverdianos (stakeholders):

- Formación de Especialista en Mantenimiento de Instalaciones Industriales y Hoteleras en Praia. Isla de Santiago. Cabo Verde.

Financiación: Dirección General de Relaciones con África. Gobierno de Canarias.

Año: 2005/2006.

Instituciones Españolas: Fundación Universitaria de Las Palmas. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Escuela Universitaria Politécnica de Las Palmas

Instituciones de Cabo Verde: Instituto de Empleo e Formação Profissional (IEFP), Centro de Empleo e Formação Profissional da Praia; Ministerio de Educación; Ministerio da Economía, Crescimento e Competitividade, a través de la Direcção Geral do Desenvolvimento Turístico do Cabo Verde; Cámara de Comercio, Industria e Servicios.

Impartido en: Centro de Formação Profissional de San Jorginho.

Se consideró muy positivo que la ejecución de este proyecto, se iniciara con la firma de un Protocolo, de manera que quedaron establecidos, desde el principio, los ámbitos de actuación, responsabilidades y compromisos de las instituciones y entidades intervinientes (españolas y caboverdianas).



La selección de los alumnos participantes se hizo de las listas de desempleados, y bajo un riguroso proceso donde también intervinieron los responsables españoles del proyecto de cooperación. La realización de forma adecuada de la selección de los alumnos participantes garantizó, sin duda, el éxito del proyecto.

Del programa formativo inicial propuesto para los especialistas en mantenimiento de unas 400 horas muy orientadas a la práctica (Conceptos de Mantenimiento, Instalaciones Hidráulicas, Instalaciones Eléctricas, Mecánica, Aire Acondicionado, Energía Solar, Automatismos, Lubricación, Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador Nuevas tecnologías de la Información y Comunicación, Medio Ambiente y Calidad, Plan Global de Mantenimiento, Seguridad e Higiene en el Trabajo, Gestión de Pequeños Negocios), se pasa a una programación de 600 horas, solicitada por la contraparte caboverdiana, que permitió la equivalencia con un diploma oficial del Cabo Verde. La ampliación recogió, además del área de Informática y Formación Personal y Social, esencialmente las Prácticas en empresas tutorizadas por el IEFP, con la colaboración de la Dirección General de Desarrollo Turístico y la Cámara de Comercio, Industria y Servicios de Sotavento. Este aspecto ha sido esencialmente importante en la posterior validación de la formación recibida en el mercado de trabajo.

Dado el carácter eminentemente práctico del curso, y que el Centro de Formação de San Jor-

ginho no disponía de aulas para prácticas dotadas con materiales y herramientas, se pensó en buscar maneras de dotarlas, acudiendo a las empresas implantadas en Gran Canaria. Una vez solicitada la autorización a la Fundación Universitaria, y a la Dirección General de Relaciones con África del Gobierno de Canarias, se inició el contacto con diversas empresas de suministros de materiales y herramientas eléctricas, mecánicas, hidráulicas, de automatismos... para ver la predisposición a apoyar esta iniciativa, aludiendo al voluntario proceso de Responsabilidad Corporativa Social que puede ejercer una empresa, aplicándolo a una sociedad tan cercana, necesitada y en desarrollo como es la de Cabo Verde. Este tipo de compromisos representa una visión más humana de la empresa, más cercana a las personas y a la demanda social, a la vez que se contribuye, en este caso a mejorar la calidad de vida de una sociedad menos favorecida, como la de Cabo Verde.



En este aspecto está una de las "fuerzas" de este proyecto: la respuesta de las empresas canarias fue ejemplar, y se consiguió mandar un contenedor con toda la ayuda aportada. El impacto de este gesto, en ese momento, sorprendió al propio Gobierno y las empresas que donaron el material como: I2C-Instrumentación, Ingeniería y Componentes; Eléctricas Centro, Blaker, Hidrosol Canarias, Taller Electromecánico ABS, Cainser, Atlantis Informática y TBN-Ingeniería de Mantenimiento Industrial y Servicios Integrales de Lubricación, recibieron una carta del entonces Presidente del Gobierno de Canarias, D. Adán Martín, agradeciéndoles la colaboración prestada.

En general, los principales problemas que se encontraron en el desarrollo del proyecto hacen referencia a la complejidad de los temas logísticos. Por una parte, el traslado del equipo humano está supeditado a la programación de vuelos de

la compañía aérea TACV, que no tienen la frecuencia ni la constancia deseadas. Por otro lado, los trámites aduaneros asociados al transporte de los materiales y equipos adquiridos o donados. Aquí la coordinación de la contraparte local y su rápida respuesta, hizo posible una mayor agilización de los citados trámites.

Además de las prácticas en empresas en Cabo Verde, cuatro de los mejores alumnos de este curso fueron seleccionados para una estancia en prácticas de 90 horas, en diferentes empresas canarias, de forma que les permitiera complementar la formación recibida en Cabo Verde.



En este sentido, las prácticas profesionales son una experiencia importante para cualquier alumno dado que le da la oportunidad de implicarse en una organización y conocer el funcionamiento, métodos, etc. de la empresa u organismo donde realiza las prácticas; así como también poner a prueba su capacidad, conocimientos, habilidades y actitudes adquiridas, inculcadas o fomentadas durante la acción formativa recibida. Además, cuando la práctica tiene lugar en el extranjero (en este caso, en empresas canarias) se pretende conseguir:

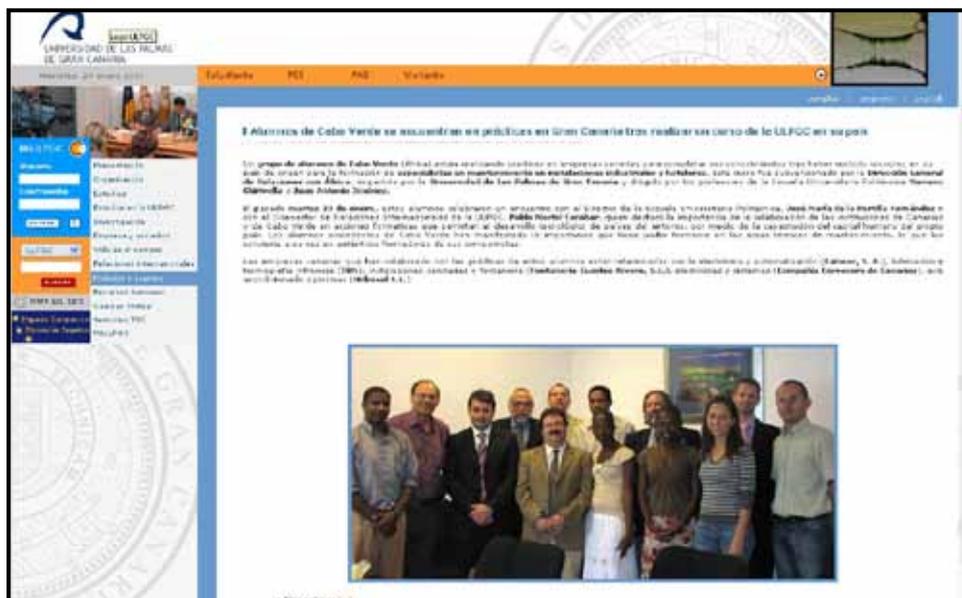
- Integrar al alumno en un contexto de aprendizaje ubicado en campos técnicos reales y más avanzados relacionados con el desempeño profesional, que permitan el desarrollo y aplicación de los contenidos teórico-técnicos recibidos en los diferentes módulos impartidos en el curso.
- Propiciar el conocimiento de los métodos propios

de trabajo de diferentes empresas especializadas en áreas técnicas distintas.

- Familiarizarse con las funciones y actividades en un área concreta, favoreciendo el desarrollo de destrezas y habilidades técnicas en un entorno empresarial más desarrollado que el de su país.
- Incentivar las habilidades de comunicación en entornos diversos y en diversas materias. En el caso de los citados alumnos, además en una lengua extranjera para ellos (español).
- Desarrollar habilidades de cooperación y de trabajo en equipo con otros profesionales.
- Proporcionarles una visión global de la práctica profesional.

Las empresas canarias que colaboraron con las prácticas de estos alumnos fueron: Compañía Cervecera de Canarias (en electricidad y sistemas), TBN-Ingeniería de Mantenimiento Industrial y Servicios Integrales de Lubricación (en lubricación y técnicas de mantenimiento predictivo), Fontanería Eusebio Rivero (en instalaciones sanitarias y fontanería), Hidrosol (en aire acondicionado y piscinas) y Cainser (en electrónica y automatización).

Como indicador más importante para la evaluación del éxito del curso, en aquel momento, se utilizó el número de empleos derivados del mismo, lográndose colocar 18 de los 20 alumnos graduados, de la lista inicial constituida por desempleados de larga duración.



- Formación de Especialista en Mantenimiento de Instalaciones Industriales y Hoteleras en Mindelo. Isla de San Vicente. Cabo Verde.

Financiación: Dirección General de Relaciones con África. Gobierno de Canarias.

Año: 2007.

Instituciones Españolas: Fundación Universitaria de Las Palmas. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Escuela Universitaria Politécnica de Las Palmas

Instituciones de Cabo Verde: Instituto de Empleo e Formação Profissional (IEFP), Centro de Empleo e Formação Profissional; Ministerio da Economia, Crescimento e Competitividade, a través de la Direcção Geral do Desenvolvimento Turístico do Cabo Verde; Atelier Mar; Câmara de Comercio, Industria e Serviços de Sotavento (CCISS); Câmaras Municipales do San Vicente, Santo Antao y San Nicolau.

Impartido en: Centro de Formación Atelier Mar y en el Centro de Formación ISECMAR (Instituto Superior de Ingeniería y Ciencias del Mar).

Debido al éxito del primer proyecto en Praia, se llevó a cabo una réplica del mismo en la Isla de San Vicente. Los módulos se impartieron, sobre todo, en los centros Atelier Mar e ISECMAR. En este caso participaron 26 alumnos que obtuvieron la certificación de 600 horas. En definitiva, se trató de la implementación de un programa de formación "interinstitucional", con un mínimo de 600 horas, que ha sido consensuado con el Instituto do Emprego e Formação Profissional (IEFP), lo que permitió a los alumnos la obtención también de un título oficial de Cabo Verde en materia de Mantenimiento de Equipamento Hotelero, Industrial y Hospitalario, expedido por las instituciones caboverdianas. El perfil de salida de los alumnos fue definido como Profesional de Nivel II, de acuerdo con el Decreto/Ley N° 37/2003 del 6 de Octubre sobre el Régimen Jurídico General de Formación Profesional de Cabo Verde.



El Centro Atelier Mar, centro colaborador del IEFP, tenía aula para la realización de clases teóricas y un taller de piedra.



El Atelier Mar también disponía de un centro en Matiota, el Liceu, el cual necesitaba reformas y se usó a modo de laboratorio de prácticas.



El Centro de Enseñanza Superior del Mar, ISECMAR, contaba con unas adecuadas instalaciones para la impartición de alguno de los módulos prácticos.





Nuevamente, el proyecto buscó la aportación de recursos materiales y herramientas, contribuyendo a la mejora de la formación práctica, por parte de las empresas canarias: Rodritol, Dielca, Dielectro, Blaker, Falcón y Cia, Eléctricas Centro, Instaladora Suárez, Alfa 90, I2C, Carrefour, Sánchez Arencibia, Famara, Macoinsa, Siemens-Maquinaria, Ferretería Joca, Rodamientos Gallardo, Ferretería Hermanos Ramírez, Uniformes Mentado, Palacio del Uniforme, Sebastián Tejera, Cainser.

En todo momento, con este programa se intentó, de acuerdo con las estrategias señaladas también en el decreto caboverdiano, formar técnicos con un alto nivel práctico en el mantenimiento de instalaciones. En término de competencias, debían adquirir las siguientes:

- Conocimiento de los conceptos sobre mantenimiento, planes de mantenimiento de instalaciones y necesidades de mantenimiento de diferentes tipos de equipamientos hoteleros e industriales.
- Conocimiento sobre materiales, equipamientos y herramientas usadas para diferentes tipos de mantenimiento preventivo y correctivo, con dominio en áreas de electricidad, mecánica, tratamiento de aguas, fontanería, frío y aire acondicionado, automatismos y lubricación.

- Experiencia práctica de diferentes tipos de instalaciones y mantenimiento de edificios hoteleros e industriales.
- Competencias personales y sociales que les permita desenvolverse en el mundo del trabajo, realizar gestión de conflictos, comportamiento dentro de la empresa y en la sociedad como profesionales.
- Desarrollo de las capacidades emprendedoras, técnicas de gestión de pequeños negocios y la elaboración de un plan de negocio.
- Capacidad de comunicación escrita y hablada, elaboración de informes, planes de mantenimiento, comunicación interna, elaboración de currículo, carta de presentación y escritos diversos.
- Iniciación al español básico.
- Utilización del ordenador y de las Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación como herramienta práctica en el desarrollo de su profesión.



Las competencias básicas adquiridas fueron ejercitadas por medio de las prácticas de empresas con una duración mínima de 150 horas, desarrolladas en contextos reales de trabajo (en empresas de construcción civil, en el hospital, en

hoteles, en empresas de construcción naval, en el complejo portuario, empresa de aire acondicionado, etc.) con el acompañamiento de un técnico responsable del aprendizaje y evaluación.



Según el Atelier Mar, el 46% de los alumnos consiguieron empleo en las propias empresas donde habían realizado las prácticas.

- Formador de Formadores. Aula Taller para el Mantenimiento de Instalaciones Industriales, Hoteleras, Hospitalarias y de Producción Energética en Praia. Isla de Santiago. Cabo Verde.

Financiación: Dirección General de Relaciones con África. Gobierno de Canarias.

Año: 2007/2008.

Instituciones Españolas: Fundación Universitaria de Las Palmas. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Escuela Universitaria Politécnica de Las Palmas

Instituciones de Cabo Verde: Instituto de Empleo e Formação Profissional (IEFP), Centro de Empleo e Formação Profissional da Praia; Ministerio de Educación; Ministerio da Economía, Crescimento e Competitividade, a través de la Direcção Geral do Desenvolvimento Turístico do Cabo Verde; Cámara de Comercio de Cabo Verde.

Impartido en: Centro de Formação Profissional de San Jorginho.

El proyecto se basó en tres líneas fundamentales de actuación:

- Mejoras y acondicionamiento de **Infraestructuras del Aula-Taller** (eléctricas; mecánicas y electrónicas; calor y frío; y de control de energía y agua) del Centro de Formación de San Jorginho. Se partió de unas instalaciones para intentar convertirlas en un centro especializado en áreas técnicas y medioambientales. Esta Aula Taller permitía reproducir el ambiente de trabajo de una empresa.



- **Formación:** Por una parte, la realización de un programa de Formador de Formadores “en entornos de trabajo” con alumnos que ya estaban trabajando o bien que habían participado en los anteriores cursos de Formación de Especialistas en Mantenimiento en Instalaciones Industriales y Hoteleras. Por otra parte, la realización de un programa de Formación de Especialistas en Mantenimiento: formación técnica de corta duración de forma que se facilitara el acceso al trabajo de la población joven en paro de larga duración.

El proyecto, mediante la mejora de la formación técnica en las áreas de mantenimiento, empezó a cubrir los déficits en este campo. La falta de formación en personas capaces de resolver problemas de servicios en equipamientos e instalaciones sigue siendo, en general, un grave problema en los países con menos recursos creando graves problemas a los clientes finales.

Por eso se pensó que sería conveniente centrar los esfuerzos en promover el desarrollo educativo en áreas que permitiera recuperar instalaciones, máquinas y sistemas, generando un ahorro importante para el país. Todo esto desde la perspectiva para adecuar el funcionamiento de esas instalaciones a los máximos criterios ambientales posibles que permitan paliar problemas acuciantes en Cabo Verde como son la gestión de los residuos, la utilización eficiente del agua y la energía.

- **Fomento de la cultura emprendedora**, potenciando el autoempleo y la creación de estructuras empresariales tipo pymes de forma que se garantizara la continuidad de las acciones formativas mediante la incorporación de los alumnos formados al mercado de trabajo. Se señala igualmente el fomento de la participación de la mujer, de forma que tenga una oportunidad real de trabajar, para ello, y dentro del proyecto se especifica un porcentaje mínimo de mujeres.

Como características específicas del Proyecto:

- El sistema que se siguió es un sistema bidireccional, donde el Aula Taller trató de simular el entorno de trabajo de una empresa.
- Se basó en dos grupos diferenciados que definían los rasgos específicos de esta acción de formación:
 - o Grupo A (Formador de Formadores): Por una parte, se pretendía que un grupo reducido de alumnos, que ya tenían una cierta base/experiencia (por la complejidad de la formación y su puesta en práctica), fueran capaces de montar y poner en marcha las instalaciones del Aula Taller, haciendo de Formadores con respecto al Grupo B. Se consiguió además que se convirtieran en “Formadores en entornos de trabajo” al finalizar la acción.
 - o Grupo B (Réplica Curso Especialista en Mantenimiento): Por otra, que las fases correspondientes al montaje se aprovecharon para desarrollar el Programa de Formación de Especialistas en Mantenimiento de Instalaciones.

Estos dos grupos estuvieron, en todo momen-

to, coordinados por la figura del profesor-técnico competente.

Este programa formativo quería potenciar la dualidad instalación/mantenimiento. Al ser una enseñanza eminentemente práctica, se montaron las instalaciones, se efectuó su puesta en marcha, se evaluó la calidad del montaje y su buen funcionamiento. Se trabajó con unidades de producción integradas en base a los tres perfiles descritos: el profesor-técnico competente; alumnos ya formados que actuaron de instaladores; y los alumnos que recibieron las enseñanzas prácticas según el modelo implantado en experiencias anteriores (especialista en mantenimiento). Así, se consiguió una gran motivación en todas las fases del proyecto: identificación, diseño, ejecución, seguimiento y sostenibilidad.

Fue básicamente un sistema de aprendizaje cooperativo-colaborativo, donde los alumnos fueron capaces de construir su conocimiento desde las experiencias adquiridas a través del trabajo en grupo en las actividades propuestas en el Aula Taller.

Para que se adaptaran a las exigencias de Cabo Verde en cuanto a las titulaciones de este tipo, se estableció lo siguiente:

- Grupo A (Formador de Formadores): 300 horas
- Grupo B (Especialistas): 600 horas (incluyendo las prácticas)

La composición de los grupos se conformó finalmente de la siguiente manera:

- 9 personas Grupo A (Formador de Formadores)
- 19 personas Grupo B (Réplica Curso Especialista en Mantenimiento)



Los descriptores de los módulos que se impartieron en el curso fueron: INSTALACIONES ELÉCTRICAS, FONTANERÍA Y MECÁNICA, HI-

DRÁULICA Y MATERIALES, INSTALACIONES AIRE ACONDICIONADO Y PISCINAS, AUTOMATISMOS, GMAO Y LUBRICACIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENERGÍA SOLAR Y FOTOVOLTAICA, DESALACIÓN Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS, FORMADOR DE FORMADORES, EMPRENDEDURÍA, SEGURIDAD E HIGIENE, FORMACIÓN PERSONAL Y SOCIAL (FPS), INFORMÁTICA Y PRÁCTICAS EN EMPRESAS.

El período de prácticas equivalente a 200 horas, obligatorias para el Grupo B, se extendió por un período de dos meses. Estas prácticas fueron organizadas por el Centro de Empleo Da Praia, con la siguiente distribución:

- Electra (empresa de suministro de electricidad) → 8 alumnos
- ASA (Aeropuertos y Seguridad Aérea) → 5 alumnos
- Inpharma (Laboratorios Farmacéuticos) → 2 alumnos
- Hotel Trópico → 1 alumno
- Hospital Agostino Neto (Praia) → 2 alumnos
- Cavibel / Coca-Cola → 2 alumnos



RESULTADO: AULA DE DOCENCIA Y AULA LABORATORIO



Como complemento de la formación recibida durante el curso, se estableció un programa de prácticas de una semana de duración en empresas canarias para un grupo reducido de 8 alumnos (4 alumnos del grupo de Formadores y 4 del grupo de Especialistas), número evidentemente limitado por razones presupuestarias. Realizaron estas prácticas en empresas con las que se estableció el correspondiente convenio específico: ACCIONA AGUA (en las Instalaciones del Sureste), COMPAÑÍA CERVECERA DE CANARIAS, MICROCLIMA CANARIAS Y TBN-INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO.

En ACCIONA AGUA:



En COMPAÑÍA CERVECERA DE CANARIAS:



Como parte del programa de acogida de estos alumnos en prácticas en nuestra isla se incluyó una visita a la Dirección General de Relaciones con África en Las Palmas de Gran Canaria.



En el cierre del CURSO:



En este mismo periodo de tiempo, se abrió una nueva línea de colaboración cuyo objetivo fundamental era la incorporación de técnicos/técnicas canarios, en fase de realización de proyectos final de carrera, a la cooperación internacional, mediante la redacción de proyectos de interés para la región caboverdiana. Así, en esta primera experiencia, se puso en marcha un Proyecto Semilla (paraguas), que estaba basado en la redacción de tres proyectos relacionados con el impulso de actividades agroindustriales de fabricación y certificación de quesos tiernos y curados, así como de productos derivados del Aloe Vera, de las Islas de San Vicente y Santo Antao.

- Formador de Formadores. Aula Taller para el Mantenimiento de Instalaciones Industriales, Hoteleras, Hospitalarias y de Producción Energética. Isla de Sal. Cabo Verde.

Financiación: Fondo Social Europeo; Servicio Canario de Empleo del Gobierno de Canarias.

Año: 2009/2010.

Instituciones Españolas: Fundación Universitaria de Las Palmas; CUCID (Centro Universitario de Cooperación Internacional para el Desarrollo); Universidad de Las Palmas de Gran Canaria; Escuela Universitaria Politécnica de Las Palmas.

Instituciones de Cabo Verde: Gobierno de Cabo Verde; Instituto de Empleo e Formação Profissional; Escola Profissional de Sal.

Impartido en: Escola Profissional de Sal.

Se aplica los mismos principios, la misma metodología y forma de trabajo que en el proyecto de Formador de Formadores – Aula Taller de Praia, ya comentado. En este caso, se hace especial énfasis, a los 30 alumnos participantes (9 alumnos del Grupo A- Formador de Formadores y 21 alumnos del Grupo B- Especialista), en la aplicación de todas las materias a las instalaciones hoteleras, por ser Sal una isla eminentemente turística.



CURSOS DE

- **Manutenção de Equipamentos e Instalações Industriais e Hoteleiras, Nível I.** é exigido o 12º ano de escolaridade mínimo.
- **Formação de Formadores em Manutenção de Equipamentos e Instalações Industriais e Hoteleiras,** exige-se experiência em Electricidade/ Canalização.

Inscrições abertas até 15 de agosto

Os cursos serão ministrados por formadores da Universidade de Las Palmas de Gran Canaria e Cabo-verdianos.

CENTRO DO EMPREGO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL DO SAL
Tel.: 2412232, Fax: 241 22 30, E-Mail: cefpsa@fthetel.com, Morro Curral, ao lado de electre

ESCOLA PROFISSIONAL DO SAL
Tel.: 2412285, Fax: 2412285 E-Mail: epa.secretaria@gnmail.com Zona B-24 - Estrada da Palmeira

- Experto en Mantenimiento de Instalaciones y Equipos Industriales, Hospitalarios, Institucionales y Hoteles. Cabo Verde.

Financiación: AECID – Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. Programa de Cooperación Interuniversitaria e Investigación Científica- PCI.

Año: 2010

Instituciones Españolas: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Instituciones de Cabo Verde: Universidad Pública de Cabo Verde.

Impartido en: En el Centro DECM, en Mindelo (Isla de San Vicente).

Los Programas de Cooperación Interuniversitaria e Investigación Científica PCI entre España, y en este caso con el Africa Subsahariana, impulsan acciones de formación sostenible en campos de interés para la zona. En este sentido, Cabo Verde ya cuenta con una universidad (UniCV), joven pero dinámica, con la que se puede establecer programas de cooperación interuniversitaria, y que resalta entre sus fines (D.L. N° 53/2006, de 20 de Noviembre - Boletim Oficial N° 33):

- Promover la capacidad emprendedora de la sociedad caboverdiana, contribuyendo a la capacitación de los recursos humanos en las áreas prioritarias de desarrollo.
- Desarrollar el intercambio científico, técnico y cultural con instituciones de investigación y de enseñanza superior, nacionales y extranjeras.
- Contribuir al desarrollo de la cooperación internacional y el acercamiento de los pueblos, especialmente en las áreas de la educación y el conocimiento de la ciencia y la tecnología.

Los responsables del equipo de cooperación, tras la experiencia adquirida en base a los proyectos ya expuestos, y sumando además la enorme



experiencia adquirida con la implantación y desarrollo, a lo largo de varias ediciones, del Experto en Mantenimiento de Instalaciones como curso de posgrado en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria; se planteó impulsar un programa de cooperación, en el marco de estas ayudas PCI que permitiera implantar, en la Universidad de Cabo Verde, un programa similar de Experto en Mantenimiento de Instalaciones y Equipos Industriales, Hospitalarios, Institucionales y Hoteles, como formación de postgrado. Dentro del proyecto se planteó:

- Realizar labores de prospectiva estratégica, sobre la situación de los sectores clave del desarrollo de Cabo Verde (energético, seguridad alimentaria, turístico, hotelero, etc.).
- Definir el perfil del formador de formadores ideal para impartir este tipo de enseñanza, para el caso de los formadores caboverdianos.
- Diseñar en su fase inicial, los contenidos del curso de postgrado, Experto en Mantenimiento, ajustándose en lo posible, a la estructura que aconseja la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria en el entorno del Espacio Educativo Europeo.
- Dotar de infraestructuras básicas de docencia e investigación aplicada en mantenimiento de instalaciones y equipos, a través del montaje de un laboratorio, que permita reproducir los procesos estandarizados de mantenimiento y de control de calidad de los trabajos.
- Diseñar e implantar una formación basada en seminarios de actualización que ponga al día los conocimientos docentes y profesionales necesarios del formador de formadores, en las áreas técnicas directamente relacionadas y afines al mantenimiento.
- Formar al profesorado de alto nivel en áreas claves como la seguridad en el trabajo, la seguridad de instalaciones y equipos, así como en estrategias de ahorro energético, agua, y producción de residuos.

La AECID aprobó la propuesta, y este equipo de cooperación ha ejecutado las acciones planteadas para la Universidad de Cabo Verde, UniCV, concretamente en el Departamento de Ingeniería y Ciencias del Mar (DECM) ubicado

en San Vicente. Se hace especial mención de la dotación inicial y puesta en funcionamiento del Laboratorio para el Mantenimiento, con el fin de que los alumnos caboverdianos puedan recibir la formación de dicho experto contando con las mejores condiciones técnicas y los materiales didácticos más adecuados.



A lo largo del desarrollo de esta acción de cooperación interuniversitaria, los responsables del proyecto y dos becarios seleccionados, por la parte caboverdiana, han podido constatar, tanto en la propia Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, como en las distintas empresas que han visitado en Cabo Verde (Frescomar y Moave) y en Gran Canaria (Astican, Tirma, Cía. Cervecera de Canarias e Hidrosol), la aplicabilidad de los distintos módulos planteados en el Experto de Mantenimiento, así como, identificar las más avanzadas tecnologías requeridas en las distintas disciplinas que integran este programa formativo.



El laboratorio que se ha montado y dotado ha sido inaugurado por el Rector de la Universidad de Cabo Verde, el Cónsul de España en Cabo Verde y el Director de la Oficina de Cooperación de la AECID en este país.



Destacar que la renovación de este proyecto ha sido otorgada nuevamente para este año 2011, dentro de las ayudas PCI de la Agencia Española de Cooperación.



**REVISTA DE INGENIERÍA
DEL**

MEDIO AMBIENTE

FORMACIÓN

CONOCIMIENTO

TECNOLOGÍA

ENERGÍA

INDUSTRIA

INNOVACIÓN

TURISMO

FIABILIDAD

EFICIENCIA

GESTIÓN

PROYECTOS

OBRAS

EN CANARIAS

INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

TBN

SERVICIOS INTEGRALES DE LUBRICACIÓN

Ultrasonidos

Impulsos de Choque SPM



Termografía por Infrarrojos



Cámara de Vídeo de Alta Velocidad



Análisis de Aceites, Aguas y Gases



Software Mantenimiento

Detección de Fugas



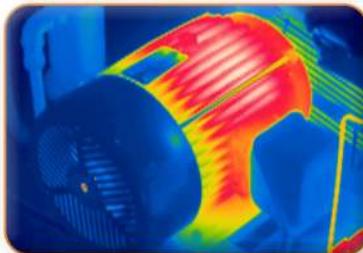
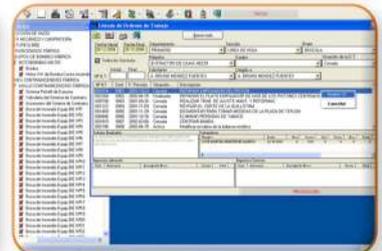
Videoscopia



Auditoría Energética



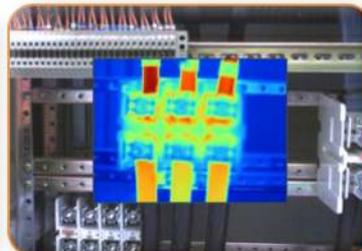
Consultoría de Medio Ambiente



Luz Ultravioleta



Cámaras de Inspección de Canalizaciones



Análisis de Vibraciones

Formación Técnica



Medición de Espesores

