

## Particularidades de las principales fuentes de ruido en centrales generadoras de energía eléctrica

J.J.M. Requena

Servicio de Medio Ambiente. IBERDROLA, S.A.

### RESUMEN

Dada la transparencia arquitectónica de las Centrales Generadoras de energía eléctrica, el control de ruido suele ser bastante problemático si no se ha tomado en consideración en la fase de proyecto, homologando aparatos y equipos que minimicen los niveles máximos admisibles recogidos en la normativa. Se estudia la problemática del ruido de las principales fuentes y el posible estudio de su control.

### RUIDO RADIADO POR GRANDES TURBINAS (Fig. 1)

El ruido radiado por las turbinas puede tener origen en fuentes muy diversas, como planteamos en la ponencia de TECNIACÚSTICA 1995 "Problemática del ruido en Centrales Generadoras"

- **Para la turbina:** evacuación del agua, cavitación, vortex, fenómenos de hacha, vibraciones mecánicas del grupo excitado por el rotor de la turbina, bombas auxiliares, etc.
- **Para el propio alternador:** circulación del agua en los refrigerantes, ruido de origen aerodinámico debido a la ventilación, frotamiento de las escobillas sobre los anillos, zumbido del circuito magnético debido a la magnetización, etc.

Además de este tipo de ruidos que podemos calificar de normales y que se tratan acústicamente más o menos eficazmente, nos encontramos a veces sobre ciertos grupos generadores fenómenos que pueden engendrar ruidos muy intensos. El mecanismo de la producción de estos ruidos puede esquematizarse como sigue: El arrollamiento del estator recorrido por un sistema de corrientes trifásicas da origen a un campo magnético llamado de reacción de inducido. Este campo compuesto con el campo inductor determina la inducción en el entrehierro teniendo en cuenta la configuración geométrica de la máquina. Esta inducción es una función del tiempo y de la abscisa angular " $\alpha$ " a lo largo del entrehierro  $b=B(t, \alpha)$ .

La onda fundamental de la inducción es una onda sinusoidal giratoria de velocidad igual a la velocidad síncrona  $\omega/p$  y de período espacial que cubra dos polos.

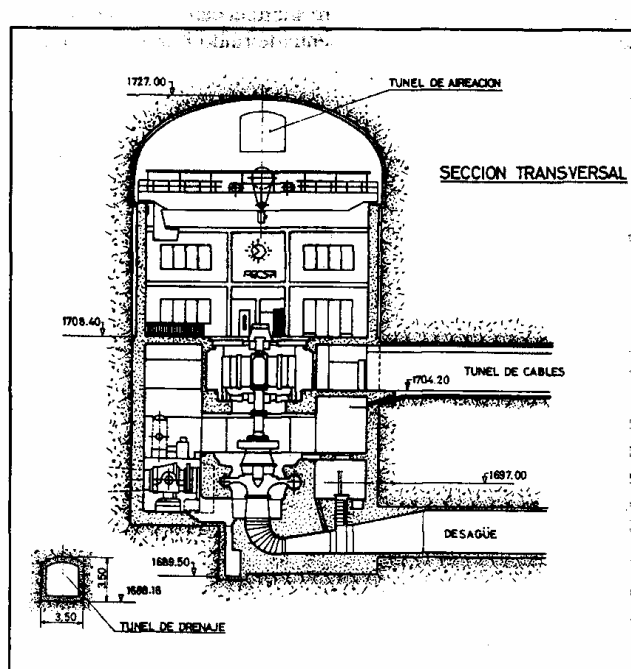


Figura 1.- Sección transversal de una turbina de tipo Francis monoetapa reversible de eje vertical de 120 MW y velocidad de 600 r.p.m.

Las fuerzas magnéticas en el entrehierro son proporcionales al cuadrado de la inducción:

$$f = b^2 S / 2\mu_0$$

La onda de inducción fundamental da una fuerza radial constante bajo cada polo que gira a la velocidad síncrona. Los armónicos de la inducción dan las ondas de fuerzas radiales que giran a velocidades diferentes de la velocidad síncrona que modulan la fuerza bajo cada polo. Estas ondas de fuerzas deforman el estator de forma ondulatoria lo que da origen a las vibraciones sonoras.

Para analizar el ruido radiado por una gran turbina es preciso, por consiguiente, primeramente definir la inducción en el entrehierro, las fuerzas electromagnéticas que resultan y a continuación estudiar cómo reaccionan las diferentes estructuras de la máquina, sometidas a estas excitaciones magnéticas.

### Prevención y Remedios

Para atenuar el ruido y vibraciones de una turbina podemos tomar las siguientes medidas:

#### a) Reducir las fuerzas excitatrices.

1ª Medida.- disminuir la inducción en el entrehierro, esto entrañaría aumento de las dimensiones y, por tanto, del precio de la turbina.

2ª Medida.- elección cuidadosa de las ranuras, pues su número determina todos los armónicos de reacción de inducido. Si uno de estos armónicos provoca una vibración importante del circuito magnético, los ajustes del esquema de bobinado pueden atenuar su amplitud.

3ª Medida.- modificar la velocidad de rotación del grupo cuando el número de polos de la máquina no permita elegir un número de ranuras satisfactorio.

4ª Medida.- extremar el cuidado en el montaje para evitar excentricidades con el fin de eliminar en la rotación esfuerzos magnéticos.

#### b) Modificar la respuesta de las estructuras

1ª Medida.- estudiar la estructura mecánica de la turbina para que las frecuencias propias estén tan alejadas como sea posible de las frecuencias excitatrices.

2ª Medida.- extremar la atención en el estudio y montaje del juego mecánico entre el circuito magnético y las colas de golondrina de amarre sobre la carcasa (necesario para el montaje y dilatación del circuito magnético) ya que puede ser una fuente de ruido importante en caso de vibración.

3ª Medida.- para las grandes turbinas, el piso donde se asientan suele ser de una estructura ligera con una gran superficie de radiación que puede actuar como un verdadero amplificador de ruido. En este tipo de máquinas, la primera medida a tomar para reducir el ruido radiado consiste en desolidarizar el piso de la máquina con montajes elásticos.

### MOTOBOMBAS Y TURBOBOMBAS

Orden de magnitud de las principales características físicas.

CARACTERISTICAS	MOTOBOMBAS	TURBOBOMBAS
Capacidad bomba	8.330 l/min	19.300 l/min
Presión de descarga	214 Kg/cm <sup>2</sup>	207 Kg/cm <sup>2</sup>
Presión de succión	11 Kg/cm <sup>2</sup>	11 Kg/cm <sup>2</sup>
Altura dinámica bomba refuerzo	52 m	92 m
Altura dinámica bomba principal	2.185 m	2.085 m
Altura aspiración bomba principal disponible	67 m	106 m
Altura aspiración bomba de refuerzo	15 m	15 m
Altura aspiración requerida bomba principal	18 m	65 m
Altura de aspiración requerida bomba refuerzo	5 m	5 m
Velocidades bomba principal	5.300 r.p.m.	5.750 r.p.m.
Velocidades bomba refuerzo	1.450 r.p.m.	1.650 r.p.m.
Mínimo flujo de recirculación	1.890 l/min	3.785 l/min
Potencias	4.650 C.V.	9.830 C.V.
Reductor velocidad entrada	4.570 C.V. a 1.450 r.p.m.	422 C.V. a 5.750 r.p.m.
Reductor velocidad salida	4.485 C.V. a 6.300 r.p.m.	415 C.V. a 1.650 r.p.m.

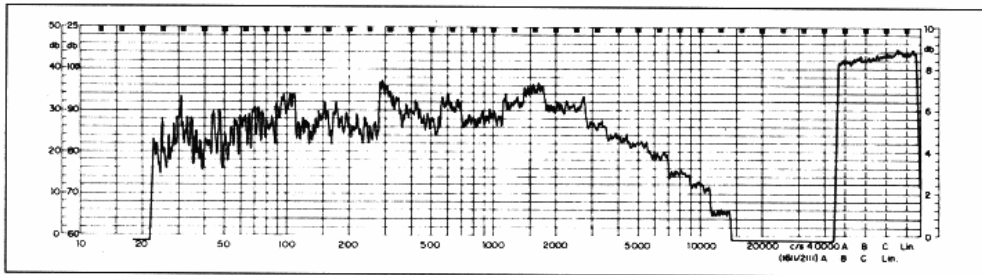


Figura 2: Motobomba lado Oeste - C.T. Castellón

En la figura 2, recogemos el espectro del nivel de ruido de una motobomba

En la tabla I se recoge el nivel de presión acústica en dBA y el espectro en frecuencias de las 20 estaciones de medida alrededor de la turbobomba (Figura 3).

	Puntos de medida	dB(A)	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	Aceleración de la vibración	
I. A,B	1	92	88	89	87	87	86	85	88	86	75	62	2	
	2	94	89	90	88	86	85	86	91	86	76	63	2,6	
	3	94	93	89	86	89	88	87	90	88	77	66	8	
	4	95	88	90	89	88	89	87	91	89	81	71	5	
	5	94	87	95	90	86	86	86	88	89	81	69	2,4	
	6	94	89	95	85	87	88	89	88	88	89	79	72	1,4
	7	94	91	92	90	88	88	88	89	90	78	67	3,5	
II. C,D	8	98	93	93	92	88	88	89	92	89	82	71	6	
	9	97	90	91	89	86	88	90	95	87	78	67	10	
	10	96	90	93	90	85	87	86	88	87	77	66	28	
	11	93	89	90	88	86	86	86	88	87	76	64	30	
	12	93	89	85	88	87	86	86	88	87	74	62	70	
	13	95	89	93	85	87	89	87	92	85	79	69	60	
	14	95	90	92	85	87	86	86	88	84	78	69	18	
III. E,F, G	15	97	94	95	89	89	87	87	92	92	78	62	3,5	
	16	95	94	96	93	90	87	86	88	88	78	68	-	
	17	95	98	91	94	90	89	87	90	87	79	69	-	
	18	94	89	91	93	91	88	88	88	84	82	83	-	
	19	95	90	91	91	89	89	89	92	87	80	89	55	
	20	94	89	92	99	88	88	88	91	86	86	63	28	

### VENTILADORES DE TIRO FORZADO

En estos grandes ventiladores los ruidos más importantes son los aerodinámicos - ruido de rotación y de "voRtex".

El primero se produce por la interacción entre las aspas y el aire circundante cada vez que un asa pasa por un punto, el aire en ese punto recibe un impulso dando lugar a una serie de zonas de ALtas y bajas presiones cuya repetitividad, determina la frecuen-

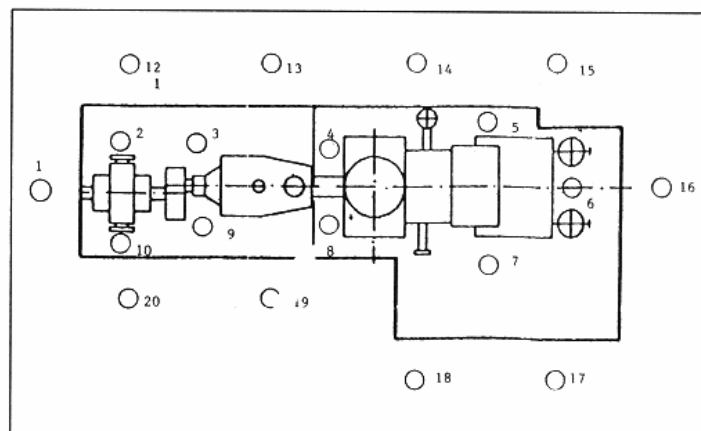


Figura 3. Estaciones de medida alrededor de la Turbobomba.

cia principal del ruido. El ruido de "voRtex" es debido a las turbulencias del flujo asociado con imperfecciones en el diseño del ventilador, el espectro de este ruido, es de tipo "random" y sin que se presenten componentes predominantes.

En los dos grandes tipos de ventiladores: axiales y centrífugos, el ruido radiado, aumenta con la potencia del ventilador, unos 3 dB al duplicar la potencia (Figura 4) y el espectro del ruido generado ocupa toda la banda audible (Figura 5), aunque los ventiladores axiales poseen mayor energía en medias y altas frecuencias que los centrífugos.

Ordenes de magnitud de las características físicas de los ventiladores de tiro forzado:

Flujo .....	977.000 Kg/hora
Presión estática.....	826 mm c.d.a
Velocidad .....	950 r.p.m.
Potencia Ventilador.....	3.250 C.V.
Potencia del motor .....	4.500 C.V.
Velocidad .....	950 r.p.m.
Tensión.....	6,3 kV

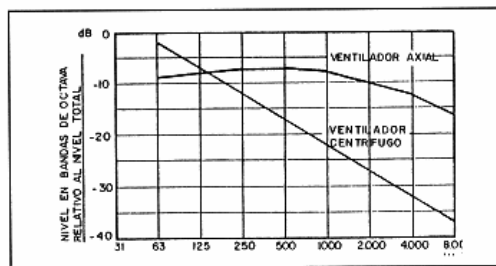


Figura 4. Niveles Sonoro en función de la potencia del ventilador

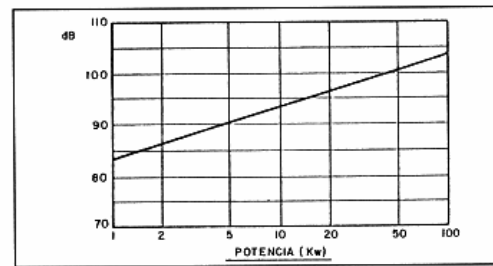


Figura 5. Espectro típico del ruido de un ventilador

#### Especificaciones para la insonorización de ventiladores de tiro forzado

Los cerramientos totales se realizarán con chapa lisa de acero galvanizado. El material absorbente deberá ser incombustible, inerte y resistente al moho.

La instalación de los cerramientos sobre el suelo se hará de forma estanca para evitar la transmisión de ruido por las uniones. Las superficies desmontables se estudiarán adecuadamente. El aislamiento medio de este tipo de cerramientos totales deberá ser de 40 dB como mínimo.

La aspiración del aire o los ventiladores de tiro forzado se hará a través de silenciadores de absorción que constituirán una unidad independiente de los cerramientos totales a los que se ensamblarán por medio de perfiles y tornillos.

Para el cerramiento total y los silenciadores se diseñará la correspondiente estructura soporte, así como la cimentación perimetral. En estos cálculos se tendrá en cuenta la velocidad máxima del viento en la zona y la caída de presión en los ventiladores.

#### BIBLIOGRAFIA

A. MEROUGE.- *Le bruit dans les grands alternateurs hydrauliques*. Societe ALSTHOM-ATLANTIQUE

J.J.M.REQUENA.- *Informe sobre niveles de ruido en la Central Térmica de Castellón y su control*.

A.PEREZ LOPEZ.- *Curso-Seminario sobre control del ruido y vibraciones en instalaciones y equipos eléctricos*. Madrid. Nov. 1984.