

Noviembre 1998

TÍTULO

Ensayos de recepción en central de las turbinas hidráulicas, bombas de acumulación y turbinas-bomba, para determinar sus prestaciones hidráulicas

Field acceptance tests to determine the hydraulic performance of hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines.

Essais de réception sur place des turbines hydrauliques, pompes d'accumulation et pompes-turbines, en vue de la détermination de leurs performances hydrauliques.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 60041 de septiembre 1994, que a su vez adopta la Norma Internacional CEI 60041:1991, modificada +corrigendum 1996.

OBSERVACIONES

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 206 *Producción de Energía Eléctrica* cuya Secretaría desempeña ASINEL.

EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE-EN 60041

ÍNDICE

Página

ANTECEDENTES.....	7
-------------------	---

SECCIÓN UNO – REGLAS GENERALES

1 CAMPO DE APLICACIÓN Y OBJETO.....	8
1.1 Campo de aplicación	8
1.2 Objeto	8
1.3 Tipos de máquinas.....	8
1.4 Referencia a las normas CEI e ISO	9
1.5 Materias excluidas.....	9
2 TERMINOLOGÍA, DEFINICIONES, SÍMBOLOS Y UNIDADES	9
2.1 Generalidades	9
2.2 Unidades	9
2.3 Lista de términos, definiciones, símbolos y unidades.....	10
3 NATURALEZA Y ALCANCE DE LAS GARANTÍAS SOBRE LAS PRESTACIONES HIDRÁULICAS.....	28
3.1 Generalidades	28
3.2 Garantías principales.....	28
3.3 Otras garantías	30
4 ORGANIZACIÓN DEL ENSAYO	32
4.1 Disposiciones a prever para el ensayo	32
4.2 Autoridad para el ensayo.....	32
4.3 Personal	32
4.4 Preparación del ensayo	32
4.5 Acuerdo sobre el programa de los ensayos	33
4.6 Instrumentos de medida	34
4.7 Observaciones	34
4.8 Inspección después de los ensayo	35
4.9 Informe final	35

SECCIÓN DOS – EJECUCIÓN DEL ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PRESTACIONES DEL GRUPO EN RÉGIMEN ESTABILIZADO

5 CONDICIONES Y PROCEDIMIENTO DE LOS ENSAYOS	37
5.1 Procedimiento general de los ensayo	37
5.2 Condiciones de ensayo que deben cumplirse	40

6	CÁLCULO Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	41
6.1	Cálculo de los resultados de los ensayos.....	41
6.2	Incertidumbre en las medidas y presentación de los resultados.....	44
6.3	Comparación con las garantías.....	47

**SECCIÓN TRES – EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS PARA LA DETERMINACIÓN
DE LAS PRESTACIONES TRANSITORIAS DE LA MÁQUINA**

7	CONDICIONES Y PROCEDIMIENTO DE ENSAYO.....	56
7.1	Condiciones a satisfacer en el ensayo	56
7.2	Procedimientos de ensayo e instrumentación.....	56
8	CÁLCULO Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	57
8.1	Transposición de los resultados.....	57
8.2	Comparación con las garantías.....	58

SECCIÓN CUATRO – MÉTODOS DE MEDIDA

9	INTRODUCCIÓN	59
9.1	Rendimiento	59
9.2	Potencia hidráulica.....	59
9.3	Potencia mecánica	60
10	CAUDAL.....	61
10.1	Generalidades	61
10.2	Método de los molinetes.....	62
10.3	Tubos de Pitot	73
10.4	Método presión-tiempo	74
10.5	Métodos por trazador	81
10.6	Vertederos	83
10.7	Aparatos normalizados de presión diferencial.....	88
10.8	Método volumétrico	90
11	ENERGÍA HIDRÁULICA ESPECÍFICA DE LA MÁQUINA	92
11.1	Generalidades	92
11.2	Determinación de la energía hidráulica específica.....	93
11.3	Determinación de la energía específica neta de aspiración	105
11.4	Medición de la presión	107
11.5	Medición del nivel libre.....	119
11.6	Incertidumbre de medida	123

12	POTENCIA.....	124
12.1	Método indirecto de medida de la potencia	124
12.2	Método directo de medida de potencia.....	138
12.3	Pérdidas en los cojinetes	139
13	VELOCIDAD DE ROTACIÓN	141
13.1	Generalidades	141
13.2	Medida de la velocidad en el caso de determinación directa de la potencia.....	141
13.3	Medida de la velocidad en el caso de determinación indirecta de la potencia	141
13.4	Incertidumbre de las medida	142
14	MÉTODO TERMODINÁMICO DE MEDIDA DEL RENDIMIENTO	142
14.1	Generalidades	142
14.2	Rendimiento y energía mecánica específica.....	143
14.3	Método de medida de la energía mecánica específica.....	144
14.4	Instrumentos	148
14.5	Condiciones a cumplir con el ensayo	150
14.6	Correcciones.....	152
14.7	Incertidumbre de la medida	154
15	ENSAYOS RELATIVOS	155
15.1	Generalidades	155
15.2	Medida relativa del caudal	156
15.3	Medidas de otras magnitudes.....	160
15.4	Cálculo de resultados	161
15.5	Incertidumbre de la medida	161
ANEXO A	– INCERTIDUMBRES SISTEMÁTICAS SOBRE LAS MEDIDAS DE PRESTACIONES EN RÉGIMEN PERMANENTE.....	163
ANEXO B	– ELIMINACIÓN DE LOS RESULTADOS ABSURDOS	171
ANEXO C	– ANÁLISIS DE LAS INCERTIDUMBRES ALEATORIAS DE UN ENSAYO EN CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO CONSTANTES.....	172
ANEXO D	– ANÁLISIS DE LAS INCERTIDUMBRES ALEATORIAS DE UN ENSAYO QUE ABARCA UN CAMPO DE CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.....	176
ANEXO E	– DATOS FÍSICOS	179
ANEXO F	– DEFINICIÓN DE LA ECUACIÓN HIDRÁULICA ESPECÍFICA DE LA MÁQUINA.....	190
ANEXO G	– MEDIDA DE LA POTENCIA ELÉCTRICA - DETERMINACIÓN DEL VALOR DE CORRECCIÓN PARA UN SISTEMA DE MEDIDA MONOFÁSICO	192
ANEXO H	– MÉTODO TERMODINÁMICO - EJEMPLOS DE BALANCE DE POTENCIAS Y DE CÁLCULO DE LA ENERGÍA MECÁNICA ESPECÍFICA	194
ANEXO J	– MÉTODO ACÚSTICO DE MEDIDA DEL CAUDAL	197

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

1.1 Campo de aplicación

1.1.1 Esta Norma Internacional regula las modalidades de los ensayos en la central destinadas a determinar en qué medida se han respetado las garantías contractuales principales (véase 3.2). Fija las reglas que gobiernan el proceso de los ensayos y prescribe las medidas a adoptar en caso de discrepancia en una fase cualquiera de los ensayos. Asimismo, fija los métodos de cálculo de los resultados, así como la extensión, el contenido y el modo de presentación del informe final.

1.1.2 Los ensayos sobre modelo, cuando los mismos son efectuados a título de ensayos de recepción, son objeto de la Norma CEI 60193, de su Modificación N° 1 y del primer complemento Norma CEI 60193 A, así como de la Norma CEI 60497.

1.1.3 Los ensayos de los sistemas de regulación de velocidad son objeto de la Norma CEI 60308.

1.2 Objeto

El objeto de esta norma para las pruebas de recepción en la central de las turbinas hidráulicas, de las bombas de acumulación o de las turbinas-bomba, a las que en adelante se denominará "las máquinas", es:

- definir los términos y magnitudes utilizados;
- especificar los métodos de ensayo y las formas de medir las magnitudes que permitan evaluar las prestaciones hidráulicas de la máquina;
- determinar si las garantías contractuales que están dentro del campo de aplicación de esta norma se han cumplido.

La decisión de efectuar un ensayo de recepción en la central, así como la definición del alcance del mismo, debe ser objeto de acuerdo entre el comprador y el suministrador de la máquina. Por ello, se debe examinar en cada caso si las condiciones de medida indicadas en esta norma pueden ser respetadas. Se deberá tener en cuenta la influencia de las condiciones del circuito hidráulico y de la obra civil sobre las incertidumbres de medida.

Si las condiciones reales en las que será efectuado el ensayo de recepción en la central, no permiten asegurar el cumplimiento de las garantías, se aconseja efectuar el ensayo de recepción sobre modelo (véase 1.1.2).