

CUADERNOS INTEMAC

Comprobaciones finales de funcionamiento de instalaciones en la edificación

Criteria for final acceptance of building services

Gonzalo Marín Estévez
Ingeniero I.C.A.I.

Federico Valenciano Carles
Ingeniero Industrial



INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

N.º 27
3.º TRIMESTRE '97

INTEMAC



METIRE UT SCIAS

INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

CONTROL DE PROYECTO

CONTROL DE OBRA

GARANTIA DE CALIDAD

SONDEOS, ENSAYOS E INFORMES GEOTECNICOS

INFORMES DE PATOLOGIA, REHABILITACION Y REFUERZOS DE CONSTRUCCIONES

OBRAS PUBLICAS
EDIFICACION
INSTALACIONES



INTEMAC AUDIT

AUDITORIA TECNICO-ECONOMICA DE CONSTRUCCIONES

- ASESORIA EN EL PLANTEAMIENTO Y EN LA CONTRATACION DE LA OBRA
- SEGUIMIENTO DE COSTOS Y PLAZOS DURANTE LA CONSTRUCCION
- VALORACIONES DE TERRENOS, INMUEBLES Y CONSTRUCCIONES
- AUDITORIAS DE TRABAJOS PARCIALES Y DE LIQUIDACION DE LA OBRA



INTEMAC ECO

AUDITORIA TECNICA MEDIOAMBIENTAL

CONTROL DE IMPACTO AMBIENTAL

Obras Públicas
Edificación
Instalaciones

CONTROL DE CALIDAD AMBIENTAL

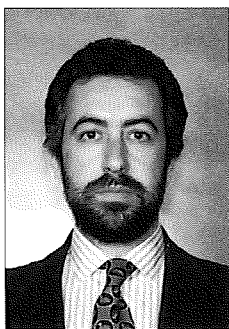
Aire
Agua
Ruido

AUDITORIA MEDIOAMBIENTAL

ASESORAMIENTO EN MATERIA DE MEDIO AMBIENTE

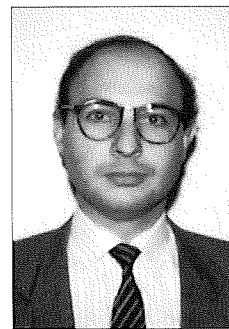
**COMPROBACIONES FINALES DE FUNCIONAMIENTO
DE INSTALACIONES EN LA EDIFICACION.**

**CRITERIA FOR FINAL ACCEPTANCE OF
BUILDING SERVICES**



Gonzalo Marín Estévez
Ingeniero I.C.A.I.
Director del Area de Instalaciones
de Intemac

I.C.A.I. Engineer
Services Area Director
of Intemac



Prof. Federico Valenciano Carles
Ingeniero Industrial
Jefe del Departamento de Instalaciones Especiales
de Intemac

Industrial Engineer
Head of Special Services Department
of Intemac

Copyright © 1997, INTEMAC

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida o distribuida de ninguna manera ni por ningún medio, ni almacenada en base de datos o sistema de recuperación, sin el previo permiso escrito del editor.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

ISSN 1133-9365

Depósito legal: M - 42602-1997
Infoprint, S.A. - San Vicente Ferrer, 40

INDEX

1. INTRODUCTION
2. SERVICE TESTS. GENERAL CONSIDERATIONS
 - 2.1. PURPOSE OF TESTS
 - 2.1.1. Checking equipment specifications and performance
 - 2.1.2. Checking facility system performance
 - 2.2. REQUIREMENTS FOR CONDUCTING TESTS
 - 2.3. INTERNAL AND EXTERNAL CONDITIONING FACTORS
 - 2.3.1. Limitations owing to the facilities themselves
 - 2.3.2. Regulations
 - 2.3.3. Design conditions
3. PRACTICAL APPLICATIONS
 - 3.1. PLUMBING
 - 3.2. ELECTRICITY
 - 3.3. AIR CONDITIONING

INDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. ASPECTOS GENERALES SOBRE LAS PRUEBAS DE SERVICIO
 - 2.1. FINALIDAD DE LAS PRUEBAS
 - 2.1.1. Verificación de las características y comportamiento de los equipos
 - 2.1.2. Comprobación del comportamiento de las instalaciones como sistema
 - 2.2. REQUISITOS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS
 - 2.3. CONDICIONANTES PROPIOS Y AJENOS
 - 2.3.1. Limitaciones propias de las instalaciones
 - 2.3.2. La reglamentación
 - 2.3.3. Condiciones de diseño
3. APLICACIÓN PRÁCTICA
 - 3.1. INSTALACIONES DE FONTANERÍA
 - 3.2. INSTALACIONES DE ELECTRICIDAD
 - 3.3. INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN

SUMMARY

The purpose of the present Review is to provide guidance for the development of a practical approach to building services inspection, with a view to establishing, on a case-to-case basis, the kind of checks that can and should be run to determine whether a given installation is apt for the use for which it was designed. In this regard, the authors' intention is to establish general criteria on test purpose and the conditions under which they should be conducted; they also discuss the difficulties involved, on occasion, in obtaining reliable performance parameters and in interpreting test results to draw final conclusions on facility aptness.

As a practical illustration of the above, guidelines are set out for the basic tests that should generally be conducted on three typical building services (electricity, plumbing and air conditioning).

1. INTRODUCTION

Before a building is put to initial use, i.e, prior to its being occupied by the final user, certification must be issued stating that it is in proper condition. This affects all the building's mechanical and electric services, which should have been tested, adjusted and balanced after installation; this, in turn, must be subsequently ratified via the respective service tests, also called operating or acceptance tests. The purpose of such tests, in short, is to verify that the building services meet safety, health and operational requirements and that their performance is up to standard as provided in the building design.

Although the characteristics and nature of the various kinds of building services differ substantially from one another, the design and implementation of the tests pose similar problems, whose analysis affords an overview of the checks to be run in each specific case. The present Review intends, then, to establish a line of reasoning that will enable the engineer in charge of building services acceptance to determine the most fitting, necessary and feasible operating tests for the purpose pursued, in terms of the means available and any conditioning factors that may have to be considered.

2. SERVICE TESTS. GENERAL CONSIDERATIONS

In order for operating tests to be truly conclusive with respect to building service aptness, the engineer in charge must necessarily be very familiar with the building design and have been involved in its implementation, in view essentially of the following:

- It is nearly impossible to properly plan operating tests for a given building services unless the planner is familiar with its specifications and placement in the building.
- The information that can be gleaned from tests alone is limited; taken out of context, then, evaluation of the results is extremely difficult, not to say virtually impossible.
- Certain aspects relating to sizing and compliance with standards can not be verified by simply running operating tests, essentially those referring to building service design and capacity in respect of the expected use; a final and overall opinion on their suitability without no knowledge of the design is out of the question.

Consequently, the engineer should not only be familiar with the characteristics of the various building services, but also certain that they have been properly engineered and executed, which means that he must have analysed the project and supervised assembly. The tests should, then, be a mere means for verifying that the facilities have been properly adjusted and that there are no hidden flaws in workmanship that may affect their proper operation: ratification, in short, that they are ready to be set to use.

RESUMEN

El presente Cuaderno tiene por objeto desarrollar en el lector un sentido práctico que le permita establecer, analizando cada caso concreto, las comprobaciones posibles y convenientes para constatar el estado en que se encuentra una instalación en cuanto a sus condiciones de utilización para el uso para el que ha sido concebida. En este sentido, se pretende el establecimiento de criterios generales sobre la finalidad de las pruebas y de las condiciones en que éstos deben llevarse a cabo, haciendo hincapié en la dificultad que entraña, en ocasiones, la obtención de parámetros fiables sobre el comportamiento de las instalaciones y la interpretación de los mismos para poder obtener unas conclusiones completas.

Además, y como aplicación práctica de lo indicado previamente, se establecen y comentan las pruebas básicas que con carácter general deberían realizarse sobre tres instalaciones típicas en la edificación (electricidad, fontanería y climatización).

1. INTRODUCCIÓN

Antes de la puesta en servicio de un edificio, es decir, previamente a que sea ocupado por el usuario final, es preciso certificar que se encuentra en adecuadas condiciones de utilización. Ello afecta plenamente a las instalaciones mecánicas y eléctricas del edificio, que deberán haberse puesto a punto correctamente al finalizar su ejecución, lo cual será ratificado mediante las correspondientes pruebas de servicio, denominadas también de funcionamiento o recepción. En definitiva, estas pruebas tienen como objeto verificar que las instalaciones reúnen las condiciones de seguridad, salubridad y operatividad necesarias y que su comportamiento se ajuste a lo previsto en la fase de diseño del edificio.

A pesar de las distintas características y naturaleza de las instalaciones, el planteamiento y la consecución de las pruebas presentan una problemática común, cuyo análisis da lugar al establecimiento de las comprobaciones a realizar en cada caso concreto. El presente Cuaderno pretende, por tanto, establecer una línea de razonamiento para que el técnico responsable de la aceptación o rechazo de las instalaciones sea capaz de determinar las pruebas de funcionamiento convenientes, necesarias y posibles de realizar, en función del objetivo que persigue, los medios a su alcance y los condicionantes existentes.

2. ASPECTOS GENERALES SOBRE LAS PRUEBAS DE SERVICIO

Para que unas pruebas de funcionamiento puedan resultar verdaderamente concluyentes, en cuanto a la idoneidad de las instalaciones para su puesta en servicio, es fundamental que el técnico responsable de las mismas conozca detalladamente el proyecto y haya efectuado un seguimiento de la ejecución, debido fundamentalmente a los siguientes factores:

- Difícilmente podrían planificarse adecuadamente unas pruebas de funcionamiento de una determinada instalación si no se conocen sus características específicas y su disposición en el edificio.
- La información que puede obtenerse de la exclusiva realización de las pruebas de funcionamiento es limitada, lo que dificultaría e incluso impediría en ocasiones la evaluación correcta de los resultados obtenidos.
- Existen aspectos relativos al dimensionamiento y al cumplimiento de la normativa que no son verificables mediante la simple realización de las pruebas de funcionamiento, fundamentalmente aquellos que se refieren al planteamiento de las instalaciones y a su capacidad respecto al uso previsto, impidiendo efectuar finalmente un pronunciamiento global sobre su idoneidad.

En consecuencia, el técnico debe no solo conocer las características de las instalaciones, sino también tener la certeza de que su diseño y ejecución son correctos, para lo cual deberá haber analizado el proyecto y supervisado los trabajos de montaje. Las pruebas deberían ser, por tanto, un simple medio para verificar que las instalaciones se han puesto a punto adecuadamente y que no existen defectos de ejecución ocultos que puedan incidir en su funcionamiento, ratificando así que se encuentran en condiciones de ser puestas en servicio.

Moreover, prior familiarity with the design and execution will enable the engineer to more readily attribute the problems that may occasionally arise during the tests to defects in engineering, execution or final adjustment. With regard to the latter, it should be noted that service tests are not intended to be conducted to adjust or perfect building services, a job that is incumbent upon the installers; the latter should have run the checks and made any necessary adjustments under the supervision and management of the head engineer. Any anomaly which, naturally, may arise during such adjustment process should be corrected by the installer before service testing is undertaken.

Service tests, in short, entail sampling facilities to compare operating performance to the general values provided by the installer provides after completing the final adjustments; such tests should, then, be understood to be acceptance tests.

These clarifications made, we shall now go on to aspects relating more specifically to the tests themselves.

2.1 PURPOSE OF THE TESTS

It may be concluded from the above that service tests on building services are a means of evaluating their performance and proceeding to accept them or otherwise, analysing whether or not they are fit for use from the standpoints of operability, safety and health. Two discrete activities can be distinguished with respect to the purpose of the tests:

- a) Verification that the equipment works to manufacturer specifications, that the necessary adjustments have been made and that there are no apparent defects that affect performance, safety, durability, etc.
- b) Verification that all due adjustments, handling and checks have been conducted to guarantee that the various systems and subsystems perform properly as a whole and as envisaged in the design.

These two aspects are discussed at greater length below.

2.1.1 Checking equipment specifications and performance

Checking the equipment comprising any building service for proper operation should include ascertaining that the necessary adjustments have been made for initial use, and that the operating parameters are in keeping with the technical information furnished by manufacturers in so far as such parameters were instrumental to selection of the equipment in question and affect overall system performance. This latter question may seem a bit unusual, as it may logically be thought that the operating specifications for all equipment should be sufficiently guaranteed, in particular when it bears quality seals. Nonetheless, experience shows that the flaw rate is relatively high, either because tolerance with respect to the stated specifications is very wide, quality control during the manufacturing process is not sufficiently strict or because of subsequent damage during transport or assembly. Such situations are more likely in "hand-crafted" equipment.

This aspect of service tests normally poses considerable difficulties as far as practical implementation is concerned, since gathering data in situ may be difficult or virtually impossible. By way of illustration, despite the utmost importance of knowing the rate of water flow in circulating pumps on HVAC facilities, no building code or standard requires fitting instruments to such facilities that would make it possible to determine that parameter, directly or indirectly. Moreover, it is often difficult to subject heating/cooling/power equipment to conditions that are reasonably close to nominal conditions, where performance is more crucial, long enough to be able to measure their operating parameters (refrigeration equipment, power generators, etc.).

Consequently, for equipment which for reasons of safety, performance demands or commitments or its effect on the overall operation of the building service, is considered to be of major importance, as well as for equipment whose characteristics are uncertain for whatever reason, alternative measures are advisable, such as acceptance in the factory. This procedure logically entails extra cost but such cost is warranted given the possible repercussion of the detection of some crucial anomaly during facility start-up (or later). Moreover, and as a conclusion based on experience gained in this regard, it should be noted that another advantage of test bench acceptance is that it provides a better understanding of equipment performance, because it can be subjected to operating conditions other than the nominal conditions. This makes facility start-up easier and furnishes further information for subsequent building operation.

It may be added that whereas this modus operandi is still rather infrequent in construction, it is routine procedure for equipment acceptance in other industries, given the consequences of poor performance of any such equipment for production and therefore the financial implications involved.

Naturally, not all manufacturers are in a position to run this kind of test, although depending on the sector and the kind of equipment in question, this practice is becoming more and more widespread (power transformers, large engines, etc.).

Por otro lado, el conocimiento previo del proyecto y la ejecución permitirá discernir entre las causas de los problemas que ocasionalmente pudieran surgir en las pruebas, en cuanto a si son achacables a defectos de diseño, montaje o puesta a punto. En relación con este último aspecto, hay que aclarar de antemano que las pruebas de servicio no están orientadas a la realización de la puesta a punto de las instalaciones, pues esta labor le corresponde a los montadores, quienes deberán haber efectuado previamente las comprobaciones y ajustes pertinentes bajo la dirección y supervisión del técnico responsable. Cualquier anomalía que, naturalmente, pueda surgir durante la puesta en marcha debe ser corregida por el instalador antes de comenzar las pruebas de servicio.

En definitiva, las pruebas de servicio consistirán en una serie de muestreos que permitan contrastar los parámetros de funcionamiento y los resultados en general que el instalador deberá haber aportado al finalizar los trabajos de puesta en marcha, debiendo por tanto entenderse estas pruebas como de recepción.

Hechas estas aclaraciones, pasemos a analizar aspectos más concretos sobre la realización de las pruebas.

2.1 FINALIDAD DE LAS PRUEBAS

De lo manifestado anteriormente se desprende que las pruebas de servicio de las instalaciones son un medio para evaluar su comportamiento y proceder a su recepción, analizando si se encuentran en condiciones adecuadas para su utilización desde el punto de vista de funcionalidad, seguridad y salubridad. Dentro de este concepto sobre la finalidad de las pruebas se pueden distinguir dos actividades diferentes:

- a) Verificación de que los equipos funcionan conforme a las especificaciones del fabricante, de que se han efectuado los ajustes necesarios y de que no presentan defectos aparentes que afecten a su rendimiento, seguridad, durabilidad, etc.
- b) Verificación de que se han efectuado los ajustes, manipulaciones y comprobaciones adecuados que garanticen que los distintos sistemas y subsistemas tienen un comportamiento conjunto correcto, acorde con lo previsto en el proyecto.

A continuación se comentan más ampliamente estos dos aspectos.

2.1.1 Verificación de las características y comportamiento de los equipos

Al comprobar el funcionamiento de los equipos de cualquier instalación debe verificarse que se han efectuado los ajustes necesarios, si ha lugar, para su puesta en marcha, así como que sus parámetros de funcionamiento son acordes con la información técnica facilitada por los fabricantes en la medida en que hayan sido determinantes para su selección y afecten al comportamiento global de cada sistema. Puede resultar llamativo este último aspecto pues en buena lógica cabría pensar que cualquier equipo debería ofrecer garantías suficientes sobre sus características funcionales, más cuando pueda incorporar sellos de calidad. No obstante, la experiencia señala que el índice de elementos defectuosos es relativamente elevado, bien porque las tolerancias respecto a las características anunciadas sean amplias, bien porque los controles de calidad durante la fabricación no son suficientemente rigurosos o bien por deterioros posteriores sufridos durante el transporte o el montaje. Esta situación se da con mayor incidencia en equipos cuya fabricación es más "artesanal".

Esta vertiente de las pruebas de servicio presenta normalmente serias dificultades para su consecución, pues la toma de datos "in situ" puede resultar difícil o incluso imposible. Véase, por ejemplo, la importancia que tiene conocer el caudal de agua de una bomba de circulación en una instalación de climatización, a pesar de lo cual no es preceptivo montar elementos que permitan determinarlo, directa o indirectamente. Por otro lado, y en lo que se refiere a los equipos de producción, suele ser difícil llevarlos a unas condiciones próximas a las nominales, donde su comportamiento es más crítico, y a la vez mantenerlas estables para poder medir de forma fiable sus parámetros de funcionamiento (equipos frigoríficos, grupos electrógenos, etc.).

En consecuencia, para los equipos que por sus condiciones de seguridad, por las exigencias o compromisos de rendimiento, o por la incidencia en el funcionamiento global de las instalaciones tengan mayor entidad, así como en aquellos en los que exista mayor incertidumbre sobre sus características, es aconsejable adoptar medidas alternativas, como es la recepción en origen (fábrica) de los mismos. Lógicamente, esta actividad conlleva un sobrecosto que sin embargo es recuperable si se piensa en la trascendencia que tendría la detección de alguna anomalía crítica durante la puesta en marcha de las instalaciones (o posteriormente). Además, y como conclusión de las experiencias vividas en este sentido, puede mencionarse como ventaja añadida el que estas pruebas de recepción en banco de ensayo permiten un mejor conocimiento del comportamiento de los equipos, debido a la posibilidad de someterlos a unas condiciones de funcionamiento diferentes de las nominales, lo que facilita la puesta en marcha de las instalaciones y proporciona una mayor información para la posterior explotación de los edificios.

Cabe añadir que aunque en el campo de la edificación ésta sea una actuación todavía poco extendida, en la industria es habitual la recepción de equipo, por la implicación que puede tener el mal comportamiento de alguno de ellos sobre la producción, con la consiguiente trascendencia económica.

Naturalmente, no todos los fabricantes están en condiciones de efectuar este tipo de pruebas, aunque dependiendo de los sectores y del tipo de equipos vienen siendo cada vez más frecuentes (transformadores de potencia, grandes motores, etc.).

In short, regardless of the procedure used, i.e., factory acceptance or in situ verification, when checking equipment operation, the following should be ascertained:

- a) Whether the operating characteristics that determine the overall performance of the building service match design and manufacturer specifications (air and water flow rates, pressure, refrigerating and heating power, electric power, voltage, etc.). The result of this check depends in some cases on the conditions under which the equipment was installed and workmanship on other parts of the installation.
- b) Whether the energy the equipment consumes to perform the use for which it is intended under the conditions expected to prevail is within the manufacturer's stated range. This aspect may vary depending on building conditions affecting the element tested or proper adjustment during building service start-up (refrigeration equipment - boiler).
- c) Whether the equipment performs properly outside nominal conditions (capacity control in refrigeration equipment, frequent starts and stops, water or air flow rates much lower than design rates, etc.).
- d) Whether the safety systems built in to the equipment operate properly, preventing break-downs or major incidents impacting more than just normal building use.
- e) Whether the indicators correctly display equipment operating conditions, as well as breakdowns, alarms or any other kind of anomaly.

2.1.2 Checking system performance

It must be stressed that it is not the purpose of service tests to evaluate building service capacity in terms of suitability, although this may and even should be done on occasion. This "concern" should have been addressed previously, with any relevant verifications being conducted when the building is engineered. Imagine, for instance, the enormous consequences of not discovering that an office building's air conditioning system is insufficient to maintain the desired levels of comfort until the operating tests are run.

In principle, an attempt should be made during testing to establish design conditions to ratify that a given building service performs to expectations, or otherwise that a series of corrective measures is in order. Nonetheless, when this is not possible, checking should focus on the parameters that remain unchanged during facility operation and are decisive for performance, or that at least provide some indication that there are no crucial anomalies.

HVAC systems may be taken as a typical example of the above, since when the service tests are conducted it is difficult to "avail" oneself of the load envisaged in the design, occasioned by factors such as occupation density, electric equipment and, especially, solar radiation and outside temperature. An extreme example would be the acceptance of an HVAC system in mid-winter.

A procedure should be found in such cases whereby certain feasible checks can ensure that under even the most demanding conditions the facility will be able to accommodate the thermal load. To do so, and assuming that the equipment has been tested and found to be in proper working order, what must essentially be verified is that water and air flow rates are within the expected range, both as a whole and on a unit-by-unit and room-by-room basis, etc. It will be noted that the underlying assumption is that both the production and distribution and treatment equipment is suitable (sufficient), which can only be checked during the operating tests if these are conducted under conditions resembling maximum demand.

Such checks must, naturally, be completed with others, in particular verification of the adjustment and regulating system, although the above suffices to illustrate the issues discussed in this section.

Similar situations may arise with respect to other building services, such as wiring, where the expected loads (computers, other kinds of equipment, etc.) are initially lacking, or such as storm water disposal, sprinklers in a fire extinguishing facility, etc.

There are, in short, no general rules applicable to all facilities; rather the engineer must in each case determine the checks to be run that will enable him to establish as decisive as possible an opinion on facility aptness for use.

2.2 REQUIREMENTS FOR CONDUCTING TESTS

This section lists and discusses the requirements to be met to appropriately conduct service tests. These may be considered to be ideal requirements, since works dynamics definitely do often hinder running the tests in the conditions described below:

En definitiva, ya sea por uno u otro procedimiento, recepción en fábrica o verificaciones in situ, al comprobar el funcionamiento de un equipo se trata de verificar lo siguiente:

- a) Que las características funcionales que determinan el comportamiento conjunto de la instalación coinciden con lo previsto en el proyecto y anunciado por el fabricante. (caudales de agua y aire, presiones, potencias frigorífica y calorífica, potencia eléctrica, tensión, etc.). El resultado de esta comprobación dependerá en algunos casos de las condiciones en que se haya instalado el equipo y de la ejecución de otras partes de la instalación.
- b) Que el consumo de energía del equipo para realizar la función encomendada en las condiciones previstas se encuentra dentro de los límites anunciados por el fabricante. Este aspecto puede depender tanto de las condiciones constructivas del elemento comprobado como de que se haya efectuado una adecuada puesta a punto en la fase de puesta en marcha de la instalación, según los casos (equipo frigorífico - caldera).
- c) Que el equipo se comporta adecuadamente fuera de las condiciones nominales (parcialización de carga en equipos frigoríficos, arranques y paradas frecuentes, caudales de agua o aire muy inferiores a los de proyecto, etc.).
- d) Que los sistemas de seguridad que incorpore un equipo actúen adecuadamente, evitando averías e incidencias de mayor entidad que trasciendan al uso normal del edificio.
- e) Que los elementos indicadores señalizan correctamente las condiciones de funcionamiento de un equipo, así como averías, alarmas o cualquier otro tipo de incidencia.

2.1.2 Comprobación del comportamiento de las instalaciones como sistema

Es importante insistir en que mediante las pruebas de servicio no se pretende evaluar la capacidad de las instalaciones para poder efectuar un pronunciamiento sobre su idoneidad, aunque en ciertas ocasiones pueda realizarse y sea conveniente hacerlo. Esta "inquietud" debería haber sido despejada con antelación efectuando las verificaciones pertinentes sobre el proyecto correspondiente. Imagínese, por ejemplo, lo que supondría averiguar durante las pruebas de funcionamiento que la instalación de climatización de un edificio de oficinas es insuficiente para mantener las condiciones de confort previstas.

En principio, al realizar las pruebas debe tratarse de reproducir las condiciones de proyecto para ratificar que, en efecto, el comportamiento de una determinada instalación se ajusta a lo previsto, o que por el contrario no es así y que es necesario instrumentar una serie de medidas correctoras oportunas. No obstante, cuando esto no es posible debe tratarse de buscar los parámetros que sean invariantes en el funcionamiento de la instalación y a la vez determinantes de su comportamiento, o que por lo menos ofrezcan un índice de que no existen anomalías críticas.

Puede ponerse como ejemplo el caso de una instalación de climatización, bastante típico de lo indicado, pues al realizar las pruebas de servicio es difícil "disponer" de las cargas térmicas previstas en el proyecto, tales como ocupación, equipos eléctricos y, fundamentalmente, radiación solar y temperatura exterior. Extremo sería por ejemplo el caso en que la recepción de una instalación de aire acondicionado se realizase en pleno invierno.

Debe buscarse entonces el camino para que, realizando una serie de comprobaciones posibles, existan garantías de que cuando la instalación se encuentre en sus condiciones más críticas de solicitud, va a ser capaz de contrarrestar adecuadamente la carga térmica. Para ello, y dando por hecho que ya se han verificado las condiciones de funcionamiento de los equipos con resultados satisfactorios, tendría que comprobarse fundamentalmente que los caudales de agua y aire se ajustan a lo previsto, tanto globalmente como unitariamente en cada equipo terminal, estancia, etc. Obsérvese que en todo momento se parte de la base de que tanto los equipos de producción como los de distribución y tratamiento son adecuados (suficientes), lo que no sería posible verificar mediante las pruebas de funcionamiento salvo que se diese la coincidencia de que se efectuasen en condiciones próximas a las de máxima demanda.

Por supuesto, habría que completar estas comprobaciones con otras determinaciones, particularmente las referidas al sistema de regulación, aunque para ilustrar lo señalado inicialmente basta con lo indicado hasta el momento.

Pueden buscarse situaciones paralelas en otro tipo de instalaciones, como es una instalación eléctrica, al no existir inicialmente las cargas previstas (ordenadores, equipos varios, etc.), o una red de evacuación de aguas pluviales, o una red de rociadores de agua de una instalación de extinción de incendios, etc.

En definitiva, no existen reglas generales para todas las instalaciones, sino que debe ser el técnico el que en cada caso establezca aquellas comprobaciones que le permitan emitir un juicio lo más concreto posible sobre las condiciones en que se encuentran de cara a su puesta en servicio.

2.2. REQUISITOS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS

Se indican y comentan en este apartado los requisitos que deben cumplirse para poder llevar a cabo adecuadamente las pruebas de servicio de las instalaciones. Podríamos hablar de unos requisitos ideales, pues es cierto que la dinámica de las obras impide en muchas ocasiones efectuar las pruebas en las condiciones que se exponen a continuación:

a) Familiarity with design

The reasons why it is necessary to be familiar with the building design have been discussed at sufficient length above. In the "unusual" event that the above requirement is not met, the engineer must, in any case, be aware of the building services specifications before undertaking the service tests in order to plan the checks to be run.

b) Works completed

This would seem to be an obvious requirement, although the last-minute rush to meet deadlines often means that the tests are run before works are wholly completed. Although this is not a desirable circumstance, it is acceptable when the areas that are not finished do not affect overall building services operation and completion of such areas will not alter the performance of the parts of the facilities that are tested in any way whatsoever.

c) Building services commissioned and record thereof available

For the reasons explained above, service tests should not stand in for final installation preparation and adjustment, thereby compensating for installer shortcomings in respect of resources or qualifications. It should be borne in mind that, in view of their very design and execution, building services naturally call for adjustments or even minor modifications when started up for the first time. Exceptionally, the contrary is acceptable if the difficulty or cost of testing the elements in question warrants conducting the adjustment and service tests jointly.

Moreover, since each installer's performance should be as conscientious as possible, the verifications made and operating parameters measured should be reflected in the respective reports to be furnished together with the rest of the documentation (equipment specifications, instructions for use and maintenance, etc.). The service tests should, then, be set up to be able to compare the results with such records, establishing the sampling rates that are best suited to each case in terms of the importance, with respect to building services performance, of the element or system checked or as regards the safety of persons and property.

d) Connections to mains (utilities)

It is important, but not indispensable in all cases, for the final connection to public utilities required for building services operation to be in place. Otherwise, the following anomalous situations may arise:

- d.1) It is impossible to operate various units at the same time, or even at all, particularly as regards electric current, such as in the case of chillers, for instance.
- d.2) It is impossible to establish maximum demand as engineered, in particular in hydraulic networks, due to the insufficient capacity of provisional connections (for construction purposes only). This is the case of plumbing and fire extinguishing systems (fire hydrants) with direct service from the public mains, and no pump unit.
- d.3) It is impossible to start up building services as a whole, due to the lack of some one of the fluids required. This is often the case of individual heating systems in housing with channelled gas boilers, where there is no provisional connection to service construction works and the public utility is rarely amenable to providing fuel for tests. This situation is doubly crucial, because on the one hand it impedes checking for proper operation of the various adjustment, control and safety elements and on the other it makes it impossible to subject the pipelines to several heating-cooling cycles which help to bring out defects or weak points in joints not detected in previous water- or air-tightness tests.

e) Building vacant

Although on occasion there may be certain advantages to running service tests when buildings are occupied (internal load in HVAC systems, for instance), in general it is counterproductive. Moreover, it is clearly a contradiction of terms to occupy a building before it is certified as apt for use. But, irrespective of this consideration, which at times has simply to be ignored, another problem arises, i.e., the mutual interference between testing and occupants. On the one hand, running tests involves cutting off the supply of electricity, altering the air conditioning system, etc., and free access to certain premises, all of which impacts the work or activity taking place in the building. Users, on the other hand, need to handle systems, altering the conditions that may have been established by the test team for a given test or check (use of toilets, turning off radiators, switching on thermostats, etc.).

a) Conocimiento del proyecto

Ya se han manifestado con suficiente extensión los motivos por los que es necesario conocer el proyecto. En el caso "anormal" de que no se hayan dado las condiciones mencionadas, es fundamental que antes de iniciar las pruebas de servicio el técnico responsable conozca las características de las instalaciones para poder planificar las verificaciones que es necesario llevar a cabo.

b) Ejecución finalizada

Parece obvio que se deba dar esta circunstancia, aunque las prisas de última hora llevan con frecuencia a realizar las pruebas cuando todavía no se han terminado totalmente los trabajos de ejecución. Aunque no es deseable esta situación, sería aceptable cuando las partes no finalizadas no afecten al funcionamiento conjunto y su terminación no alterase en ningún caso el comportamiento de otras partes de las instalaciones.

c) Puesta a punto realizada y existencia de protocolos

Por lo señalado con anterioridad, las pruebas de servicio no deben convertirse en una puesta a punto de las instalaciones, cubriendo así la falta de medios o de capacidad técnica del instalador. Debe tenerse en cuenta que por el propio diseño y ejecución, es natural que las instalaciones requieran ajustes e incluso pequeñas modificaciones en la puesta en marcha. Ocasionalmente podría aceptarse la situación contraria si la realización de una determinada prueba presentara dificultades o tuviera una repercusión económica elevada, por lo que en estos casos sería razonable efectuar las pruebas conjuntamente.

Por otro lado, y dado que la labor de cada instalador debe ser exhaustiva, las verificaciones efectuadas y los parámetros de funcionamiento medidos deben quedar recogidos en los correspondientes protocolos que se entreguen junto con el resto de la documentación aportada (especificaciones de equipos, instrucciones de uso y mantenimiento, etc.). De esta forma, las pruebas de servicio se deberían plantear como un contraste de estos protocolos, con unos niveles de muestreo que en cada caso se considerasen oportunos en función de la trascendencia del elemento o sistema comprobado en cuanto al comportamiento de la instalación o el nivel de seguridad de las personas y bienes materiales.

d) Acometidas definitivas

Es importante, aunque no imprescindible en todos los casos, disponer de las acometidas definitivas de los distintos fluidos necesarios para el funcionamiento de las instalaciones. En caso contrario, pueden presentarse las siguientes situaciones anómalas:

- d.1) Imposibilidad de funcionamiento simultáneo o incluso individual de equipos, particularmente en lo que se vea afectado por el suministro eléctrico, como puede ser el caso de unidades enfriadoras de agua, por ejemplo.
- d.2) Imposibilidad de reproducir las condiciones de máxima demanda del proyecto, especialmente en redes hidráulicas, por capacidad insuficiente de las acometidas provisionales de obra. Esto es el caso de las instalaciones de fontanería y protección contra incendios (bocas de incendio) con acometida directa desde la red pública, sin grupo de presión.
- d.3) Imposibilidad de poner en funcionamiento instalaciones en su conjunto, por ausencia de alguno de los fluidos necesarios para su funcionamiento. Este caso se presenta particularmente en instalaciones de calefacción individuales para viviendas con caldera de gas canalizado, donde no existen acometidas provisionales de obra y las compañías suministradoras rara vez se prestan a facilitar combustible para pruebas. Esta situación es doblemente crítica, pues por un lado impide comprobar el funcionamiento de los distintos elementos de regulación, control y seguridad, y por otro evita que las redes de tuberías se hayan sometido a varios ciclos de calentamiento-enfriamiento que aflorarían defectos o puntos débiles de las uniones, que mediante una prueba de estanquidad previa podrían no haberse puesto de manifiesto.

e) Edificio desocupado

A pesar de que en alguna ocasión pudiera presentar ciertas ventajas que los edificios ya estén ocupados cuando se efectúan las pruebas de servicio (carga interna en climatización, por ejemplo) en general es contraproducente. Conviene destacar el contrasentido que representa ocupar un edificio antes de que se haya certificado que está en condiciones para ello. Pero, al margen de esta reflexión, que en ocasiones no hay más remedio que obviar, deben destacarse las interferencias que se producen entre pruebas y usuarios, en ambos sentidos. Por un lado, el desarrollo de las pruebas implica efectuar cortes en el suministro eléctrico, alteraciones en los sistemas de climatización, etc. y se necesita el acceso libre a las distintas dependencias, con importantes repercusiones en el trabajo o actividad que se esté realizando en el edificio. Por otro lado, los usuarios manipulan las instalaciones, alterando las condiciones que se hayan podido establecer por el equipo de pruebas para un determinado ensayo o comprobación (uso de aparatos sanitarios, cierre de radiadores, activación de termostatos, etc...).

f) Installer availability

The installer's presence during the service test is indispensable, for two essential reasons:

- The installer is the one who is most familiar with the installation with respect to layout, location of equipment and building details.
- Until the building service has been accepted, it should not be handled by anyone outside the installer's own organisation, for reasons of liability.

2.3 INTERNAL AND EXTERNAL CONDITIONING FACTORS

This section deals with the conditioning factors that may have an adverse effect on service tests, from the standpoint of planning, measuring certain operating parameters and interpreting the results to reach conclusions, regardless of whether or not the requirements established in the preceding section are met. Such conditioning factors may be internal, i.e., inherent in the system, or external, due essentially to inconsistent or vaguely worded codes and regulations or to the fact that it is impossible to subject the building services to the conditions for which it was engineered, as discussed below.

2.3.1 Limitations owing to the facilities themselves

Certain limitations are encountered when obtaining system operating parameters, either because the methods available are unreliable or because no provision was made for this need in the building design. This is primarily the case of mechanical facilities, in particular when checking the operation of water and air networks and especially as regards measuring the flow rates of these two fluids. It should be borne in mind, for instance, that in order to ascertain whether an air conditioning unit is operating as engineered, it is essential to know whether it is receiving enough water at the appropriate temperature, and whether it is moving air at the nominal flow rate.

Direct measurement of water flow in closed systems such as a heating or HVAC services is extremely difficult, for which reasons indirect methods are usually employed, such as jumps in temperature, loss of head in certain units, etc., even though such procedures are far from accurate and reliable. In air networks, where instruments can be placed on the inside to measure speed, from which flow can be computed, a different kind of problem arises. In this case the difficulty lies in the fact that the measurements must be taken without "too much" turbulence, a situation that is not easily established in such facilities, since it calls for straight runs of some length, and accessibility to the ducts in such runs.

In electricity, by contrast, it is presently possible to determine nearly all operating parameters without much difficulty if the appropriate measuring equipment is available.

It is, then, of primary importance to take account of these limitations from the time the building is engineered in order to mitigate the above problem as far as possible by fitting installations with a means of obtaining operating parameters and, therefore, of drawing conclusions about their performance. This would involve envisaging measuring points in certain elements, as listed below:

- a) Orifice plates with holes or equivalent elements to determine flow in water networks. Such elements should be placed both at the beginning of the circuit to compute the sum of the flows and in branch circuits and terminal equipment of any size such as air conditioners, boilers, cooling units, etc., to verify that systems are balanced.
- b) Flow measuring stations in air networks in straight runs that are long enough to obtain measurements with sufficient precision. Such elements should be placed in each air conditioner as well as in the main branch circuits in large networks. Flow meters have now been developed that can be attached to fan inlets and do not, therefore, call for duct network layouts with long straight runs, which constitutes a distinct advantage.
- c) Manometers and thermometers of standard quality to take reasonably accurate direct readings of pressure, temperature, pressure drops and temperature drops. In the absence of such instruments, devices should be provided to attach portable meters during testing.

It is important for thermometers to be placed in areas where the temperatures measured are significant for facility operation, in particular in main pipes.

- d) Network analysers placed at electrical services inlets to provide instantaneous and accumulated readings and patterns, information that is instrumental for optimising operating costs.

No less important than obtaining reliable operating parameters for the building services is fitting the latter with means to make any necessary corrections or adjustments where measurements are observed to deviate from expected values. It is of very little use to know that a problem exists if there is no way of correcting it. Specifically, reference should be made to special valves in water networks and dampers in air systems.

f) Disponibilidad del instalador

Es imprescindible la disponibilidad del instalador para la realización de las pruebas de servicio, por dos motivos fundamentales:

- El instalador es el mayor conocedor de la instalación en cuanto a trazados de redes, localización de equipos y componentes y detalles de ejecución.
- En tanto la instalación no haya sido recepcionada no debe ser manipulada por otras personas ajenas a la propia organización del montador, por la responsabilidades que ello implica.

2.3 CONDICIONANTES PROPIOS Y AJENOS

Dentro de este apartado se pretende hacer mención a aquellos condicionantes que afectan negativamente a las pruebas de servicio, desde el punto de vista de su planificación, de la realización de medidas de determinados parámetros de funcionamiento y de la interpretación de los resultados para la obtención de conclusiones, todo ello al margen de que se hayan cumplido o no los requisitos establecidos en el apartado anterior. Dichos condicionantes pueden ser propios, es decir, residentes en la instalación, o ajenos, fundamentalmente debidos a la inconsistencia o falta de concreción de las normas y reglamentos o a la imposibilidad de llevar a las instalaciones a sus condiciones de diseño, como se comenta a continuación.

2.3.1 Limitaciones propias de las instalaciones

Las instalaciones presentan ciertas limitaciones para la obtención de los parámetros de funcionamiento, bien porque los métodos disponibles ofrecen escasa fiabilidad o bien porque no se ha tenido en cuenta esta necesidad en la fase de diseño. Esto afecta fundamentalmente a las instalaciones mecánicas, en particular en la determinación de las condiciones de funcionamiento de redes de agua y de aire, especialmente los caudales de ambos fluidos. Téngase en cuenta, por ejemplo, que si se quiere evaluar si un climatizador está funcionando conforme se ha previsto en el proyecto, es primordial saber si le llega el caudal de agua suficiente y a la temperatura de diseño, y si está moviendo el caudal de aire nominal.

Las medidas directas de caudales de agua en redes cerradas, como es el caso de una instalación de calefacción o climatización, presentan grandes dificultades, por lo que se sustituyen habitualmente por determinaciones indirectas, tales como saltos térmicos, pérdidas de carga de elementos, etc., con el consiguiente error y falta de fiabilidad que ello conlleva. En redes de aire la problemática es distinta, pues es posible introducir elementos en su interior que permiten medir velocidades a partir de las que pueden calcularse los caudales. En este caso, la dificultad radica en que las medidas deben ser realizadas sin turbulencias "excesivas", lo que es difícil de conseguir habitualmente en las instalaciones, pues ello requiere la existencia de tramos rectos de cierta longitud, así como accesibilidad a los mismos.

Por el contrario, en las instalaciones eléctricas es posible en la actualidad determinar casi en su totalidad los parámetros de funcionamiento sin grandes dificultades, disponiendo de los equipos de medida apropiados.

En consecuencia, es primordial tener en cuenta esta circunstancia desde la fase de diseño del edificio, para paliar en la medida de lo posible este problema y dotar a las instalaciones de medios que faciliten la obtención de parámetros de funcionamiento y, por tanto, permitan establecer conclusiones sobre su comportamiento. Ello implicaría prever diversos elementos así como puntos de medida, citándose a continuación algunos de ellos:

- a) Placas de orificios o elementos equivalentes, para determinar los caudales en redes de agua. Estos elementos deben situarse tanto en el origen de los circuitos para totalizar los caudales, como en ramales y equipos de entidad como climatizadores, calderas, unidades enfriadoras, etc., para verificar que el reparto se produce adecuadamente (equilibrado).
- b) Estaciones medidoras de caudal en redes de aire en tramos rectos de suficiente longitud que permitan obtener medidas con la precisión adecuada. Estos elementos deben situarse en cada climatizador e incluso en los ramales principales de grandes redes. Hoy en día existen medidores de caudal que se acoplan a los oídos de los ventiladores, con la ventaja de no condicionar el trazado de las redes de conductos en cuanto a facilitar tramos rectos lo suficientemente largos.
- c) Manómetros y termómetros de cierta calidad para poder efectuar lecturas directas de presiones, temperaturas, pérdidas de carga y saltos térmicos con errores reducidos. En su defecto deben preverse dispositivos que permitan acoplar medidores portátiles durante la realización de las pruebas.

Es importante que los termómetros se ubiquen en puntos donde las temperaturas que midan sean significativas del funcionamiento de las instalaciones, debiéndose prestar especial atención a los colectores.

- d) Analizadores de redes en el origen de las instalaciones eléctricas que permitan conocer los consumos instantáneos y acumulados, así como su evolución, lo que es de gran interés para optimizar los costes de explotación.

Tan importante como poder obtener de forma fiable los parámetros de funcionamiento de las instalaciones es que éstas estén dotadas de medios que permitan efectuar las correcciones y los ajustes necesarios en caso de que se hayan puesto de manifiesto desviaciones respecto a lo previsto. De nada serviría conocer que existe un problema si no existen elementos que permitan corregirlo. En concreto, hay que hacer referencia a válvulas especiales en redes de agua y compuertas en redes de aire.

2.3.2 Regulations

Spanish regulations on building services give rise to a number of problems, as discussed below:

- a) The vagueness of standards in certain aspects is an obstacle to establishing objective criteria for acceptance and rejection of installations. It is not a question of having highly detailed and inflexible regulations, since engineers should be left some room to adopt the solution that they feel most suitable in each case, depending on the circumstances. It is, however, suggested that there is a need for clear and basic criteria, together with additional recommendations and tolerance ranges, to preclude arguments, as far as possible, when a facility is accepted or rejected. It should be borne in mind that the engineer accepting an installation should always act as objectively as possible, eschewing decisions that may be thought to be biased.

One example that illustrates the above is the 3% ceiling established for voltage drop in lighting circuits, for which no underlying such criteria are specified. Should the engineer in charge reject the installation if voltage drop of 3.1% are measured during the operating tests?

- b) The proliferation of local standards and regulations leads to confusion due to the contradictions in which they incur on occasion and the differences in approach and depth in their treatment of the same or similar issues. Paradoxically, whereas the trend throughout Europe is to harmonise standards of and codes of all kinds, in Spain regional and even local regulations are developing along parallel and non-convergent lines. It would seem more reasonable to establish standards intended to cover a broad scope, subjecting them to specific adjustments for adaptation to regional or local conditions. Any other procedure constitutes an obstacle to engineers in the practice of their profession and creates confusion. This, in turn, has adverse consequences for the establishment of objective criteria for conducting tests and interpreting results.

2.3.3 Design conditions

When a building service is engineered, it is logically designed for the least favourable conditions that may reasonably be expected to occur when the building is in normal use, while bearing in mind, of course, that during most of the operating time it must be able to adapt to much less demanding circumstances. Quite obviously, it is very unlikely that the most critical conditions will prevail when the service tests are being conducted; this impacts both the implementation of such tests and interpretation of the results, as they are obtained under conditions other than those for which the building service is engineered and extrapolations, generally speaking, are not straightforward.

3. PRACTICAL APPLICATIONS

As announced above, having addressed the various aspects involved in conducting service tests on installations, we shall now undertake a more specific discussion, intended to provide grounds for reasoning in the practical application of the above.

3.1 PLUMBING

The discussion will begin with the building service that generally poses the least problems for service testing and is the easiest to operate. Essentially, the purposes pursued with these tests can be grouped under two basic concepts:

- Checking the installation capacity
- Checking for leaks

Furthermore, in the event that water is not supplied directly from the public system, but through a pump unit, the latter must likewise be checked to ensure that it is in proper working order.

The following is a more detailed discussion of the checks to be run.

- a) **Discharge test**

It seems obvious, in principle, when considering the tests to be run on a plumbing installation, to verify system capacity, i.e., the flow produced by the bathroom fittings or points of water consumption under the least favourable conditions envisaged; this is called the discharge test. It is here that the first problem arises, since unless such conditions (probable rate of flow) are expressly indicated in the design, it is the engineer in charge of tests who must determine them, at his own discretion. It should be borne in mind that Spanish regulations establish no criteria in this respect.

2.3.2 La reglamentación

El problema de la reglamentación española referente a las instalaciones de los edificios es múltiple, como se expresa a continuación:

- a) La falta de concreción de las normas en ciertos aspectos limita la posibilidad de establecer criterios objetivos para la aceptación y rechazo de las instalaciones. No se trata de que la reglamentación sea exhaustiva y poco flexible, pues siempre debe dejar libertad a los técnicos para que justificadamente adopten las soluciones o tomen las decisiones que consideren más oportunas en cada caso, según las circunstancias que concurren. Se sugiere la necesidad de establecer criterios básicos claros, junto con recomendaciones adicionales y márgenes de actuación, para evitar en la medida de lo posible que lleguen a establecerse discusiones en el momento de aceptar o rechazar un sistema o una instalación. Téngase en cuenta que quien debe recepcionar una instalación debe actuar siempre de forma objetiva sin que haya lugar a decisiones que puedan resultar interesadas.

En relación con lo anterior, puede mencionarse como ejemplo la limitación de la caída de tensión de un circuito eléctrico de alumbrado al 3%, sin que se establezca a la vez el criterio que ha llevado a tal exigencia. ¿Estaría alguien en condiciones de rechazar una instalación si al realizar las pruebas de funcionamiento se miden caídas de tensión de hasta un 3,1%?

- b) La proliferación de normas y reglamentos de ámbito local origina confusión debido a las contradicciones en las que incurren en ciertas ocasiones y a la diferente forma y profundidad con las que se abordan los temas. No tiene sentido que en un momento en que se tiende a una armonización europea de todo lo referente a la normalización, se esté produciendo una evolución paralela no convergente de las reglamentaciones autonómicas e incluso locales. Por el contrario, lo que sí resultaría razonable sería que en una determinada zona se realizasen matizaciones puntuales sobre las normas de un ámbito de aplicación más amplio para adaptarlas a la realidad local o regional. Cualquier otra solución coarta la actuación de los técnicos y crea confusión, lo que repercute negativamente en el establecimiento de criterios objetivos para la realización de las pruebas y la interpretación de los resultados.

2.3.3 Condiciones de diseño

Cuando se diseña una instalación se piensa lógicamente en las condiciones más desfavorables que razonablemente pueden presentarse en el uso normal de un edificio, sin olvidar, por supuesto, que la mayor parte de las horas de funcionamiento deberá ser capaz de adaptarse a otras condiciones menos exigentes. Evidentemente, al efectuar las pruebas de servicio es poco probable que se reúnan o coincidan las circunstancias más críticas, lo que limita su realización y la interpretación de los resultados que se obtengan en unas condiciones distintas de las de diseño, pues en general no es fácil realizar extrapolaciones.

3. APLICACIÓN PRACTICA

Como ya se ha anunciado, una vez expuestos los aspectos de conjunto sobre la problemática de la realización de las pruebas de servicio de las instalaciones, pasamos a plantear algunos casos concretos, destinados a proporcionar elementos de juicio para la aplicación práctica de lo tratado.

3.1 INSTALACIONES DE FONTANERÍA

Se comienza con la instalación que en general presenta menos problemas para la consecución de las pruebas de servicio y más simple es su funcionamiento. Básicamente, lo que se persigue con dichas pruebas puede agruparse en dos conceptos básicos:

- Verificación de la capacidad de la instalación
- Comprobación de que no existen fugas

Además, en el caso de que el suministro de agua no se realice directamente desde la red pública, sino a través de un grupo de presión, es necesario comprobar también su funcionamiento.

A continuación se comentan más ampliamente las comprobaciones concretas a realizar.

a) Ensayo de vertido

En principio resulta evidente que al plantearse las pruebas a realizar sobre una instalación de fontanería, se piensa en la posibilidad de verificar la capacidad de la red, es decir, el caudal suministrado por los aparatos sanitarios o puntos de consumo en las condiciones más desfavorables previstas, lo que se denomina ensayo de vertido. Nos topamos entonces con el primer punto conflictivo, pues de no estar expresamente indicadas en el proyecto, el técnico responsable de las pruebas es quien deberá fijar bajo su criterio cuáles son las condiciones más desfavorables (simultaneidades de uso). Téngase en cuenta que la reglamentación española no establece criterios al respecto.

What happens when the criteria under which the installation was engineered do not match acceptance criteria is a moot point. In this case, the engineer in charge must seek out the references he deems to be most suitable, providing they are generally accepted, such as the French (NF) or the United States (National Plumbing Code) standards.

What is clear is that once the probable rate of flow is established, those conditions can be reproduced in one way or another by making simultaneous use of the necessary number of fittings. The answer to the second question that arises, i.e., which specific fittings are to be chosen, is based on common sense: they should be homogeneously distributed throughout the system. This calls for familiarity with piping distribution.

This check, which in principle should be designed to test the entire network as a whole, should be re-run individually on each storey, riser or battery of fixtures, since conditions of service may be more critical (greater rate of flow) in certain areas when taken one by one.

It is assumed that the check is envisaged to be run with either the final service connection in place - if the system is connected directly to the public network - or with the pump unit operating, if there is one. If this is not the case, the discharge test must be postponed, since a provisional (works) connection to the mains is hardly likely to afford the same capacity (pressure-flow rate) as the one that is finally installed.

Finally, test results must be evaluated on the basis of the measurements taken of the flows discharged into the fittings which are observed to have the lowest flow rate. Such values may be found by using containers of known volume or devices that measure instantaneous flow when placed under an open spout. The minimum acceptable unit flow rates are set out in the Interior Water Supply Facilities Code (NIA), which is now mandatory.

Before running this check, all aerators must be cleaned, since much of the debris that settles in pipes is carried by the water when the system is first used, obstructing such elements.

b) Watertightness test

The purpose of conducting the watertightness test after the installation is finished is to verify that there are no leaks around the fixture inlet pipes and the faucet connections in general. Previously, during execution, before the bathroom fittings are installed, a similar test should be conducted on the pipes at a higher water pressure to subject both joints (welded, flanged or screwed) and the pipes themselves to more critical conditions, to detect any possible flaws.

The installer and the engineer in charge of acceptance often disagree about the pressure to which the installation as a whole should be subjected. In principle the tests should be run at a pressure that is 1.5 times the operating pressure, with a minimum value of 6 kg/cm², although the regulations in force (NIA) specify that it should be checked at a pressure of 20 kg/cm². That pressure may seem rather high and, indeed, fixture inlet pipes and connections are very likely to break. Nonetheless, it should be pointed out that the same standard requires all plumbing components to be able to withstand a minimum working pressure of 15 kg/cm², which means that they should be subjected to a test pressure 1.5-fold that figure or 22.5 kg/cm². Oddly, this requirement is not generally met, a situation that may be technically justified, since most plumbing services operate at pressures in no case over 7 kg/cm².

Test time should be at least 2 hours, during which no alterations should be observed in the manometer used as a reference, nor should there be any leaks or drips; all accessible parts of the installation must, then, be inspected.

The watertightness test poses certain problems of a general nature, since testing is usually conducted when final construction is being done and the workers involved normally need to use the fittings.

Finally, three factors that may distort results should be borne in mind:

- b.1) No watertightness test should be envisaged when room temperatures are changing abruptly, either because the heating is being turned on or due to solar radiation, since when the water temperature rises the water pressure in the pipes rises considerably, rendering test results null and void.
- b.2) The facility must have been properly purged, since any air inside distorts results, albeit in the opposite direction.
- b.3) The valve that cuts the water off at the fountain head must be checked to ensure that it is air-tight, since small "leaks" may appear, which are not considered as such for the intents and purposes of the test but which would decrease the water pressure.

Queda en el aire la pregunta de qué sucede si no coinciden los criterios de quien ha diseñado la instalación y de quien la está recepcionando. En este caso, el segundo deberá buscarse las referencias que considere oportunas, siempre que se encuentren suficientemente avaladas, como pueden ser la norma francesa (NF) o la estadounidense (National Plumbing Code).

Lo que sí está claro es que una vez establecidas las simultaneidades de uso, de una u otra forma, será posible reproducirlas en la instalación, poniendo en servicio el número de aparatos sanitarios necesarios. Surge entonces la segunda duda de qué aparatos concretos deben ser los elegidos, pudiendo despejarla aplicando el sentido común: se distribuirán homogéneamente por la totalidad de la instalación. Para ello es necesario conocer cómo es la distribución.

Esta comprobación, que en principio se plantearía para la totalidad de la red, debería repetirse individualmente por plantas, columnas o núcleos húmedos, pues unitariamente pudieran ser más críticas las condiciones de servicio (mayor simultaneidad de uso) para algunas zonas.

Se ha supuesto que al plantear esta comprobación está ya en servicio la acometida definitiva, en el caso de ser directa la conexión a la red pública, o el grupo de presión si este existe. Si no fuera así, habría que posponer el ensayo de vertido, pues una acometida provisional de obra difícilmente tendrá la misma capacidad (presión-caudal) que la definitiva.

Finalmente, y para poder emitir un juicio sobre el resultado del ensayo, habría que medir los caudales vertidos en los aparatos sanitarios en los que se apreciase a simple vista menor flujo. Esta determinación podrá efectuarse con recipientes de volumen conocido o con aparatos que situados bajo el chorro de agua proporcionan el caudal instantáneo. Los caudales unitarios mínimos quedan definidos en las Normas Básicas para las Instalaciones Interiores de Suministro de Agua (NIA), de obligado cumplimiento en la actualidad.

No debe olvidarse que antes de llevar a cabo esta comprobación deben haberse limpiado los aireadores de la grifería, pues inicialmente se produce un gran arrastre de suciedad depositada en el interior de las tuberías que tupen dichos elementos.

b) Prueba de estanquidad

La prueba de estanquidad con la instalación terminada tiene como finalidad verificar que no se producen fugas por los latiguillos y las conexiones en general de la grifería. Previamente, durante la ejecución, deberá haberse efectuado otra prueba similar a mayor presión sobre la tubería, antes de instalar aparatos sanitarios, para someter a las uniones (soldadas, embridadas o roscadas) y a la propia tubería a unas condiciones más críticas, de forma que se pongan de manifiesto los defectos que pudieran existir.

La presión a la que debe someterse la globalidad de la instalación suele ser un punto de desacuerdo entre el instalador y el técnico responsable de la recepción. En principio debe probarse a 1,5 veces la presión de trabajo de la instalación, con un mínimo de 6 Kg/cm², aunque la reglamentación vigente (NIA) establece que se compruebe a 20 Kg/cm². Dicha presión puede parecer elevada y, ciertamente, la probabilidad de que se produzcan roturas de latiguillos y conexiones es considerable. No obstante, hay que destacar que la misma norma exige que todos los componentes de las instalaciones de fontanería tienen que tener capacidad para soportar una presión de trabajo mínima de 15 Kg/cm², por lo que deberían poder someterse para una prueba de presión a 1,5 veces dicho valor, es decir, 22,5 Kg/cm². Curiosamente esta exigencia no se cumple en general, lo que técnicamente puede estar justificado pues la mayor parte de las instalaciones van a trabajar a presiones no superiores en ningún caso a 7 Kg/cm².

El tiempo de prueba debe ser como mínimo de 2 horas, en el transcurso del cual no se deben apreciar alteraciones en el manómetro utilizado como referencia ni fugas o goteos de agua, para lo cual será necesario inspeccionar las partes accesibles de la instalación.

El planteamiento de la prueba de estanquidad presenta en general ciertas dificultades, pues en el período en que se lleva a cabo suele haber personas trabajando dentro del edificio en remates de finalización de la obra, que normalmente tienen necesidad de utilizar los aparatos sanitarios.

Por último, conviene recordar tres factores que pueden falsear los resultados:

- b.1) Ninguna prueba de estanquidad debe plantearse mientras estén cambiando bruscamente las condiciones de temperatura ambiente, bien sea por el arranque de la instalación de calefacción o bien por la acción de la radiación solar, pues al calentarse el agua dentro de las tuberías la presión se incrementará sensiblemente, invalidando la prueba.
- b.2) La instalación debe haberse purgado adecuadamente, pues si queda aire en su interior también se falseará el resultado, esta vez en sentido contrario.
- b.3) Debe tenerse la certeza de que la válvula de corte del origen de la instalación cierre herméticamente, pues se pueden producir pequeñas "fugas", que no son tales a los efectos de la prueba, y que harían disminuir la presión.

c) Pump unit

The tests to be conducted on pump units are intended to verify the aspects listed and discussed below. It should be mentioned, firstly, that in order to run these tests, the power supply must reach the unit's switchboard and there must be enough water in the tank; it must likewise be possible to discharge water into the bathroom fittings.

The following aspects must be checked:

- c.1) The facility on/off pressurestats (or analogous elements) are in proper working order and set at the pressures specified in the design, if so defined.
- c.2) In the event that several pumps can operate in parallel in one and the same pump unit, they should be appropriately staggered, i.e., various pumps should not start or stop at the same time. Moreover, if there is a large number of pumps, care should be taken to ensure that the difference between the extreme operating pressures is not too large, since otherwise this would cause unacceptable fluctuations in the flow reaching bathroom fittings. No general criteria may be established in this regard, as the final settings depend on the characteristics of the building in question.
- c.3) Pump units with a reserve pump should be checked to ensure that the pumps operate alternately after each full start/stop cycle.
- c.4) The knobs and controls on the electric switchboard should be clearly marked and pump status clearly shown (on/off/out of order).
- c.5) During the discharge test the unit should not be consecutively started up and stopped too often, since that could damage the motors. This check should also be run under conditions of intermediate demand.
- c.6) The hydropneumatic tank should have a sufficient air "cushion". This is not easy to check, although the amount of air may be ascertained to be scant if the pumps are observed to start and stop frequently under different conditions of demand.

In hydropneumatic tanks equipped with a compressor or air injectors, these components should also be checked to ensure they are in proper working order.

- c.7) The pump motors should not be subjected to overloads, which means that the current must be measured in the entire operating field. The most critical conditions are generally when the flow is highest (minimum pressure). The thermal overload relays that protect the motors should also be checked for proper adjustment.
- c.8) The electronic level detectors in the water tank should stop the pump unit before the tank is completely empty as a precautionary measure to protect the pumps. Tank fill should also be checked to ensure that inflow stops when the cut-off level is reached.

It will be noted that the checks described above do not include comparing the pump unit output flow rate to the specified rate, since plumbing installations are not usually equipped to determine this rate. In general the purpose of the tests is to check that the pump unit is in proper working condition and entails no risk for users with respect to security of water supply.

3.2 ELECTRICAL SERVICES

The above description of the service tests to be conducted on plumbing installation is followed, for purposes of comparison, among others, by a discussion of the checks to be run on the electrical services. In order to understand the approach to the tests to be conducted on the electrical installation, it must be noted that the purpose of the facility is to carry electricity to the various consumers from the mains, guaranteeing compliance with the following:

- Reliability of supply of electricity (stability and continuity)
- Building operability
- Safety of persons and property.

All of the above, with respect to conductor sizing, the choice of protection and network layout, must have been adequately engineered in the installation design stage, whereas the impact of procedures, workmanship and commissioning is somewhat less consequential. Conducting the service test does not suffice to verify compliance with the above objectives, with the exception of certain specific safety conditions.

c) Grupo de presión

Las pruebas a realizar sobre un grupo de presión están encaminadas a comprobar los aspectos que se enuncian y comentan a continuación. Es necesario aclarar previamente que para la realización de estas pruebas debe existir suministro eléctrico al cuadro de maniobra y protección del grupo y agua suficiente en el aljibe, así como la posibilidad de realizar vertidos en los aparatos sanitarios.

Se comprobarán los siguientes aspectos:

- c.1) Que los presostatos (o elementos análogos) que provocan las maniobras de arranque y parada actúan correctamente, en las presiones fijadas en el proyecto, si es que se han definido.
- c.2) Que en el caso de que puedan funcionar varias bombas en paralelo dentro de un mismo grupo de presión, los escalonamientos son adecuados, es decir, que no se producen maniobras de arranque o parada simultánea en varios equipos. Asimismo, si el número de bombas es elevado debe vigilarse que por este motivo la diferencia entre las presiones extremas de funcionamiento no sea grande, pues si no fuera así se producirían oscilaciones de caudal inaceptables en los aparatos sanitarios. No se pueden establecer criterios generales al respecto, pues dependerá de las características de cada edificio.
- c.3) En el caso de grupos de presión con bomba de reserva, debe comprobarse que se produce alternancia después de cada maniobra completa de arranque/parada.
- c.4) Que la rotulación de los elementos de maniobra en el cuadro eléctrico es clara y que quedan señalizados los estados de las bombas (marcha/paro/avería).
- c.5) Que durante el ensayo de vertido no se producen excesivas maniobras de arranque y parada consecutivas, pues ello dañaría los motores. Esta verificación debe efectuarse también en condiciones intermedias de demanda.
- c.6) Que el depósito hidroneumático tiene un "colchón" de aire suficiente. Este aspecto no es fácilmente comprobable, aunque puede llegar a determinarse que el aire es escaso si se producen frecuentes maniobras de arranque y parada de las bombas en diversas condiciones de demanda.
En depósitos hidroneumáticos dotados de compresor o inyectores de aire debe comprobarse además su funcionamiento.
- c.7) Que los motores de las bombas no se encuentran sobrecargados. Para ello debe medirse la intensidad en todo el campo de funcionamiento, siendo por lo general las condiciones más críticas con el caudal máximo (mínima presión). Debe comprobarse asimismo que la regulación de los relés térmicos de protección de los motores es correcta.
- c.8) Que los electroniveles situados en el aljibe de agua detienen el funcionamiento del grupo de presión antes de que se vacíe totalmente, como medida de precaución para proteger las bombas. Es necesario comprobar también que se interrumpe el llenado del aljibe cuando se alcanza el nivel máximo fijado.

Como puede apreciarse entre las comprobaciones descritas no se incluye el establecimiento del caudal aportado por el grupo de presión en relación con lo especificado, pues usualmente no hay medios en las instalaciones de fontanería que permitan determinarlo. En general las pruebas tienen como objeto verificar que el grupo de presión se encuentra en condiciones de su puesta en servicio sin que sea un riesgo para los usuarios en cuanto a las garantías de la continuidad del suministro de agua.

3.2 INSTALACIONES DE ELECTRICIDAD

Después de la descripción de las pruebas de servicio a realizar sobre las instalaciones de fontanería, se da paso a las de electricidad, pudiéndose apreciar así el contraste existente entre los planteamientos de unas y otras. Con el propósito de entender el enfoque de las pruebas a realizar sobre las instalaciones eléctricas, es preciso señalar que el cometido de las mismas es conducir la energía eléctrica hasta los distintos consumidores, partiendo del punto de suministro, garantizando simultáneamente tres condicionantes:

- Fiabilidad del suministro eléctrico (estabilidad y continuidad)
- Operatividad del edificio
- Seguridad para las personas y los bienes.

Todo ello tiene que haberse resuelto adecuadamente en la fase de diseño de la instalación, en lo que se refiere al dimensionamiento de los conductores, a la selección de las protecciones y a la estructuración de la red, teniendo una incidencia menor los procedimientos y la calidad de la ejecución, así como la puesta a punto. La realización de la prueba de funcionamiento no permite verificar que se cumplen dichos objetivos, salvo en aspectos puntuales relacionados con las condiciones de seguridad.

Consequently, the tests must indispensably check the active and passive safety of the various installation components, since there may be hidden flaws due either to damage caused during execution or faulty materials, defective on delivery or owing to subsequent handling. When the service tests are run, however, the load is likely to be much smaller than engineered, making it impossible to subject the installation to design conditions.

Before listing and discussing the tests to be conducted for the above purpose, it must be pointed out that electrical service layout designs often include certain elements that do not actually pertain to the electrical system per se. In particular, the reference here is to luminaries and emergency lighting units, which are, in fact, receivers or consumers that serve a particular purpose and comparable then, to a motor or a computer, for instance. In fact, a lighting engineer may have no electromechanical know-how whatsoever.

Having made that reservation, the tests to be conducted would be as follows:

- Measure of resistance to earth.
- Measure of insulation resistance.
- Measure of conductor dielectric strength
- Ground-fault circuit interrupter operation check (GFCI).
- Grounding conductor continuity check.
- Measure of voltage drop.
- Outlet voltage check
- Load balancing check
- Supply equipment (transformation centre, power generator unit, U.P.S.) operation check
- Others (lighting, power factor, harmonics, etc.)

Checking the automatic circuit-breakers has been expressly omitted because, although the safety of electric facilities depends largely on these elements, they are not easily checked and testing might even damage them. There are portable devices that can generate moderate currents to verify the working order of the circuit-breaker thermal overload relays, but only up to certain values, and they cannot, in any case, test magnetic relays. It makes little sense, then, to envisage this check, especially in large buildings.

With respect to sampling rates, given that the installer should have run checks of his own on all the installation, they should be established in terms of the size of the network as well as of the impact of the element to be checked on safety, at the discretion of the engineer in charge. Naturally, when establishing sampling rates other factors of a more subjective nature may also be considered, such as the reliability of the information furnished by the installer, guarantees on material, the opinion formed during execution, whether or not there has been any follow-up in this respect, etc.

Finally, it must be pointed out that the tests envisaged address not the capacity but the condition of the installation, and thus most of them can be conducted with the provisional supply of electricity used during construction, providing care is taken to refrain from simultaneously connecting more equipment than the supply can handle. Such operations must be distinguished from testing other building services- such as the air conditioning (refrigeration equipment, air conditioners, pumps, etc.) - for proper working order, which calls for a large supply of electricity.

a) Measure of resistance to earth

Before conducting the service test on the installation the resistance to earth must be tested in all the individual grounding points existing in the building (protection, lightning rods, transformation centre neutral, etc.). This calls for disconnecting the internal installation at the bridge and abiding by measuring equipment manufacturer warnings regarding grounding rods, etc.

The maximum value of the resistance to earth is not directly limited, although the following considerations should be borne in mind:

- a.1) The Low Voltage Electromechanical Regulations (R.E.B.T.) limits the default voltage only, so the maximum value of the protection resistance to earth depends on the sensitivity of the GFCI, if this is the kind of protection used. Consequently, if high sensitivity switches (30 mA) are installed, for a maximum default voltage of 24 V, the resistance to earth could reach up to 800 Ω , whereas if 300 mA switches are used, the maximum allowable value drops to 80 Ω . Nonetheless, even this latter figure is considered to be too high in practice, as the recommended maximum value is 10 Ω .
- a.2) The High Voltage Regulations lay down no resistance to earth limits for the transformer neutral and fittings, but only for the through and contact voltage. Here again the maximum recommended is no higher than 10 Ω .

En consecuencia, resulta imprescindible que las pruebas se orienten a la comprobación de la seguridad activa y pasiva de los distintos componentes de las instalaciones, en cuanto a que pudiera haber daños ocultos producidos durante la ejecución o algún elemento defectuoso de origen o por las manipulaciones posteriores. Por otro lado, en el momento de realizar las pruebas de servicio no existirá todavía gran parte de la carga prevista en el proyecto, por lo que la instalación no podrá ser sometida en ningún caso a las condiciones de diseño.

Antes de empezar a relacionar y comentar las pruebas a realizar con el propósito antes indicado, hay que señalar que en los proyectos de las instalaciones eléctricas suelen incluirse ciertos elementos que no son en puridad parte de las mismas. Particularmente, hay que hacer referencia a las luminarias y equipos de alumbrado de emergencia, que en definitiva son receptores o consumidores que cumplen una misión concreta, por lo que serían equiparables a un motor o un ordenador, por ejemplo. De hecho un técnico en iluminación puede no tener ningún conocimiento de electrotecnia.

Hecha esta salvedad, las pruebas a realizar serían las siguientes:

- Medida de la resistencia de puesta a tierra
- Medida de la resistencia de aislamiento
- Medida de la rigidez dieléctrica de los conductores
- Comprobación del funcionamiento de los interruptores diferenciales
- Comprobación de la continuidad del circuito de protección
- Medida de las caídas de tensión
- Comprobación de tensión en puntos de consumo
- Comprobación del equilibrado de cargas
- Comprobación del funcionamiento de los equipos de suministro (centro de transformación, grupo electrógeno, S.A.I.)
- Otras comprobaciones (alumbrado, factor de potencia, armónicos, etc.)

Se ha omitido expresamente la comprobación de los interruptores automáticos magnetotérmicos pues aunque la seguridad de las instalaciones eléctricas durante su uso queda encomendada en gran parte a estos elementos, no son fácilmente verificables e incluso los ensayos podrían dañarlos. Existen equipos portátiles que pueden generar corrientes moderadas para verificar la actuación del relé térmico de los interruptores, pero solo hasta ciertos valores, y en ningún caso los relés magnéticos, por lo que no tiene mucho sentido plantear esta comprobación, particularmente en grandes instalaciones.

En cuanto a los niveles de muestreo, y partiendo de la base de que el montador tiene que haber efectuado previamente sus verificaciones en la totalidad de la instalación, deberán establecerse en función de la incidencia del elemento comprobado sobre la seguridad y de la magnitud de la red, de acuerdo con el criterio particular del técnico responsable. Por supuesto que al fijar los muestreos podrán tenerse en cuenta otros factores de carácter más subjetivo como son la fiabilidad de los datos aportados por el instalador, la garantía de los materiales utilizados, la opinión obtenida durante la ejecución si es que se ha efectuado un seguimiento de la misma, etc.

Por último, hay que señalar que las pruebas que se plantean no son de capacidad sino de estado de la instalación, siendo posible realizarlas en su mayor parte con la acometida provisional de obra, siempre que se tenga la precaución de no conectar simultáneamente una carga superior a la admisible. Cuestión diferente sería la comprobación del funcionamiento de otras instalaciones que requieran un consumo eléctrico elevado para su puesta en marcha, como es el caso de la climatización (equipos frigoríficos, climatizadores, bombas, etc.).

a) Medida de la resistencia de puesta a tierra

Antes de la puesta en servicio de la instalación debe medirse la resistencia de puesta a tierra en todas las tomas independientes que puedan existir en el edificio (de protección, pararrayos, neutro del centro de transformación, etc.). Para ello tendrá que estar desconectada la instalación interior en el puente de medida y observadas las precauciones que indique el fabricante del equipo de medida respecto a ubicación de las picas, etc.

No existen limitaciones directas del valor máximo de la resistencia de puesta a tierra, aunque hay que efectuar las siguientes consideraciones:

- a.1) El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (R.E.B.T.) limita únicamente la tensión de defecto, por lo que el valor máximo de la resistencia de puesta a tierra de protección dependerá de la sensibilidad del interruptor diferencial utilizado, si se ha optado por este tipo de protección. En consecuencia, si se han montado interruptores de alta sensibilidad (30 mA), para una tensión de defecto máxima de 24 V, la resistencia de puesta a tierra podría llegar hasta 800 Ω , mientras que si son de 300 mA el valor máximo admisible se reduce a 80 Ω . No obstante, incluso este último valor se considera en la práctica excesivo, recomendándose no superar 10 Ω .
- a.2) El Reglamento de Alta Tensión no limita tampoco la resistencia de puesta a tierra del neutro del transformador y de los herrajes, sino los valores de tensiones de paso y de contacto. También en ese caso se recomienda no superar 10 Ω .

b) Measure of insulation resistance

The R.E.B.T. limits insulation resistance in electrical installations to a minimum of one thousand times the maximum service voltage, with a minimum of 250 k Ω . The installer must have run this check in all distribution lines and circuits between phase and neutral conductors, as well as between such conductors and the grounding conductor, under the conditions specified in the regulations. The system should be sampled during acceptance testing to ensure that the above limits are met.

The purpose of this check is to guarantee that there are no defects, usually attributed to the execution stage, such as deterioration of wire insulation or inappropriate connections. Nonetheless, it should be made clear that certain flaws may not be detected, since if, for instance, the part of the wiring where the insulation has peeled off does not come into contact with any other wire, equipment housing or any other element, this test cannot detect that the insulation is missing.

When running this test it must be borne in mind that if equipment is connected to circuits that have no circuit-breaker (corridor lighting in some buildings and emergency lighting), the reading will show that insulation is missing between the phase and the neutral, when in fact this is not the case.

c) Measure of dielectric strength

Wiring dielectric strength is also governed under the R.E.B.T., which specifies that it should be able to withstand a voltage equal to twice the maximum service voltage plus 1,000 volts, with a minimum of 1,500 volts, for one minute. This must likewise be checked between phase and neutral conductors and between such conductors and the grounding conductor, making sure that all electric devices have been disconnected before undertaking the test, since they could be damaged if subjected to such a high voltage.

To prevent unnecessary accidents and damage, the testing equipment has an automatic disconnect system that switches off in the event of an increase in the current leakage during testing, a symptom that the insulation is deteriorating. This protection is a drawback when checking the dielectric strength in busbar systems, since due to the large contact area between the various phases current leakage is relatively high, but this is not abnormal. Different kinds of equipment would be needed to overcome this problem, but such equipment is not portable, so this test cannot feasibly be conducted in such systems.

d) Checking ground-fault circuit interrupter (GFCI) operation

Nowadays the GFCI used in electrical installations bear quality seals, which affords some guarantee of their proper operation. Nonetheless, the trigger mechanisms may be damaged or need to be re-adjusted as a result of handling during assembly or due to soiling; therefore, given that they are of vital importance for the safety of persons and property, they should be checked for proper working order before proceeding to run the service tests.

Using the appropriate equipment, the switch response time can be measured by provoking a ground fault that matches its sensitivity, which should be under 200 ms. Moreover, with the aid of that same equipment, the switch threshold value can be determined, by gradually increasing the current leakage from zero. The current at which it sets off should be between the nominal threshold and half of that value.

Finally, the switch test button should be pushed to ensure that it is in proper working order.

As far as delayed-action GFCI are concerned, neither their response time nor their sensitivity can be checked, due to the way testing equipment works. In this case earth leakage should be provoked via resistance rated to nominal switch sensitivity to determine at least that it sets off, even though the response time is longer.

Moreover, this test detects selectivity problems in the electrical system: such problems can be ascertained to exist if a GFCI upstream of the one being tested is triggered. Problems often arise when GFCI are tested with the provisional electric power supply, which is normally fitted with equipment with a sensitivity of 300 mA, because of the lack of selectivity between such equipment and the facility equipment. This hinders any further testing.

e) Checking the continuity of the grounding conductor

It is important to check the continuity of the grounding conductor, since as this conductor usually carries no current, if it happens to break at some point, this would not be detected immediately. This test, which should be run after testing the GFCI, consists of provoking earth leakage in socket-outlets and fixed equipment with rated resistances; the result is satisfactory if the respective GFCI breaks the circuit.

b) Medida de la resistencia de aislamiento

El R.E.B.T. limita la resistencia de aislamiento de las instalaciones a un mínimo de mil veces la tensión máxima de servicio, con un mínimo de 250 K Ω . Esta verificación tiene que haberla efectuado el instalador en la totalidad de las líneas y los circuitos de distribución, entre los conductores activos y entre éstos y tierra, en las condiciones establecidas en dicho reglamento. Durante las pruebas de recepción deberán efectuarse muestreos para contrastar que en efecto se cumple la limitación señalada.

El objeto de esta verificación es tener garantías de que no existen defectos, provocados normalmente durante la ejecución, como es el deterioro del aislamiento de los cables o la realización inadecuada de conexiones. No obstante, hay que dejar claro que parte de los defectos pueden no ser puestos de manifiesto, pues si por ejemplo se ha destruido el aislamiento de un cable pero el punto donde se ha producido el deterioro no está en contacto con otro cable, la carcasa de un equipo o cualquier otro elemento, este ensayo no detecta falta de aislamiento.

Al efectuar esta prueba debe tenerse en cuenta que si hay equipos conectados en circuitos que no dispongan de interruptor de corte (alumbrado de pasillos en algunas instalaciones y aparatos de alumbrado de emergencia) se medirá falta de aislamiento entre fase y neutro sin que realmente exista tal defecto.

c) Medida de la rigidez dieléctrica

La rigidez dieléctrica de una instalación eléctrica también está regulada por el R.E.B.T., de forma que debe soportar durante 1 minuto una tensión igual a dos veces la tensión máxima de servicio más 1.000 voltios, con un mínimo de 1.500 voltios. Esta verificación se realizará igualmente entre conductores activos y entre éstos y tierra, con la precaución de haber desconectado previamente los aparatos de consumo, pues pueden averiarse al someterlos a dicha tensión.

Para evitar accidentes y daños innecesarios, los equipos de comprobación disponen de un sistema automático de desconexión que actúa al producirse un incremento de la intensidad de fuga generada al efectuar la prueba, síntoma de que el aislamiento se está deteriorando. Esta protección representa un inconveniente cuando se está comprobando la rigidez dieléctrica en canalizaciones del tipo barras blindadas, pues debido a la gran superficie de contacto entre las distintas fases se produce una intensidad de fuga relativamente elevada, pero que no es anormal. Para solventar este problema harían falta equipos diferentes, que no son portátiles, por lo que no es viable plantear este ensayo en dichas canalizaciones.

d) Comprobación del funcionamiento de los interruptores diferenciales

Hoy en día se están montando interruptores diferenciales que incorporan sellos de calidad, lo que representa una cierta garantía sobre su funcionamiento. No obstante, es posible que los mecanismos de disparo se averíen o desajusten como consecuencia de las manipulaciones de montaje o la entrada de suciedad, por lo que dado que son elementos de vital importancia para la protección de las personas y los bienes, es conveniente verificar su funcionamiento antes de la puesta en servicio de la instalación.

Con el equipo apropiado puede medirse el tiempo de respuesta del interruptor al provocar una derivación igual a su sensibilidad, el cual debe ser inferior a 200 ms. Asimismo, con la ayuda del mismo equipo se establece el umbral de actuación del interruptor, incrementando la intensidad de fuga desde cero. La intensidad a la que actúe debe encontrarse entre el valor nominal de la sensibilidad y la mitad de éste.

En último término debe actuarse sobre el pulsador de prueba del interruptor para verificar que actúa correctamente.

En cuanto a los interruptores diferenciales retardados no es posible comprobar ni el tiempo de respuesta ni su sensibilidad, debido al modo de funcionamiento de los equipos de prueba. En este caso es conveniente realizar derivaciones a tierra mediante resistencias calibradas según la sensibilidad nominal del interruptor para cerciorarse de que al menos actúa, aunque con un tiempo de respuesta más prolongado.

Al realizar esta prueba se puede comprobar, además, si existen problemas de selectividad en la instalación, lo que se pondría de manifiesto si actuase un interruptor diferencial ubicado aguas arriba del que se está ensayando. Suele ocurrir que cuando la prueba de verificación del funcionamiento de los interruptores diferenciales se está llevando a cabo con la acometida de obra, dotada normalmente de un equipo de 300 mA de sensibilidad, se produzcan problemas por falta de selectividad entre éste y los de la instalación que impiden seguir adelante.

e) Comprobación de la continuidad del circuito de protección

Es importante comprobar la continuidad del circuito de protección (tierra), pues al ser un conductor por el que normalmente no circula intensidad podría estar interrumpido en algún punto, sin que se ponga de manifiesto el defecto. Esta prueba se plantea con posterioridad a la de los interruptores diferenciales y consiste en provocar derivaciones a tierra en bases de enchufe y en equipos fijos mediante el uso de resistencias calibradas, siendo satisfactorio el resultado si se produce la actuación del interruptor correspondiente.

f) Measure of voltage drop

All the checks discussed above refer to installation condition from the standpoint of safety. This measure, in contrast, attempts to verify that the voltage drops are not higher than the ceilings established by the regulations in force (3% for lighting and 5% for other devices) and to compare them to any design estimates made when lines and circuits are engineered.

The most reasonable way to run this test would be to measure the source voltage and the voltage after the least favourable outlet point with a voltmeter, computing the voltage drop as the difference between these two values. However, the fluctuations to which supply voltage is normally subject renders this procedure ineffective, since when the second voltage reading is being taken, the first will have varied. The solution would be to measure both voltages at the same time with the aid of a communications system, ensuring that the devices used - radio transmitters, for instance - do not interfere with the voltmeters.

An alternative option would be to use an auxiliary wire as an extension of the voltmeter terminal, to access both ends of a line or circuit at the same time. The voltage thus measured is the voltage drop per se, although in a single wire only, so subsequent calculations would have to be made in the event of three-phase circuits or single-phase circuits.

As may be reasonably deduced, this test should be conducted in circuits that, due to current or length, are observed a priori to be the least favourable and the results used to draw conclusions applicable to the wiring as a whole.

One factor that makes obtaining conclusive results from this measurement more complex is that since when the test is run, system demand is not at the highest value envisaged, the voltage drops are smaller than those expected under nominal conditions. In the lines running between boards the results can be extrapolated to the specified design current at the nominal load with no significant error. In distribution circuits, however, where loads are distributed all along the run, extrapolation would lead to error. This means that checking must be restricted to lighting circuits only, which are subjected to the full load.

In any case, this requirement is not relevant to the operation of the system as such, providing voltage drops hold steady around the limit indicated; there is no need, then, to become obsessed with strict compliance in this regard. Moreover, the following should be borne in mind:

- The circuits checked are the ones assumed to be the least favourable.
- The results are extrapolated to nominal conditions (maximum foreseeable)
- Voltage drops are measured to the extreme outlet points, which are not representative of circuit mean value.

g) Checking voltage at outlets

Certain outlets may not receive electric current due to execution errors. Such anomalies would be readily apparent in fixed equipment, which would not work properly. However, in multi-use circuits (current taps) or lighting outlets in homes where fixtures have not yet been installed, the voltage should be measured to ensure that such problems are corrected.

This check detects line outages but not faulty connections or damaged conductors, since until the current is in circulation, the incidental voltage drops occasioned by such defects do not become apparent

h) Checking load balance

The loads must be balanced in three-phases lines, that is, they must be homogeneously shared by the three phases, since imbalance provokes an overload on the neutral and the phase with the largest load, as well as greater voltage drops. Some designs provide for the distribution of expected loads, although this is usually not the case. As, it is, then, the installer himself who distributes the consumers following his own criterion, this aspect should be checked.

However, checking is rather limited by the fact that before the building is authorised for initial use, only the loads deriving from the lighting and pump, fan, lift, etc. motors are active; the other equipment typical of a building in use (computers, photocopiers, projectors, etc.), however, is not yet connected.

Consequently, all that can be done is to assume that at least the luminaries have been distributed properly, so the tests should be conducted board-by-board with the full load on, the electric power supply permitting, of course. Motors do not affect this test since, with very few exceptions, they are themselves three-phase, so they cause no imbalance.

f) Medida de la caída de tensión

Hasta ahora todas las comprobaciones comentadas se referían al estado de las instalaciones eléctricas en cuanto a sus condiciones de seguridad. Esta medida, por el contrario, trata de verificar que no se producen caídas de tensión superiores a las máximas establecidas por la reglamentación vigente (3% para alumbrado y 5% para fuerza) y contrastar las estimaciones que se hayan podido efectuar en el proyecto para el dimensionamiento de líneas y circuitos.

La forma en principio más racional de efectuar esta comprobación sería medir con un voltímetro la tensión en el origen de la instalación y después en el punto de consumo más desfavorable, evaluando la caída de tensión por diferencia entre ambos valores. No obstante, las oscilaciones habituales de tensión de suministro invalidan esta forma de proceder pues en el momento de medir la segunda tensión la primera habrá variado. La solución estaría en medir ambas tensiones simultáneamente con la ayuda de un sistema de comunicación, con la precaución de observar que si se utilizan radiotransmisores no se producen interferencias en los voltímetros.

Como opción alternativa se puede comprobar también con la ayuda de un cable auxiliar que haga las veces de extensión del terminal del voltímetro, para poder acceder simultáneamente a los dos extremos de una línea o circuito. La tensión así medida es directamente la caída de tensión, aunque de un solo cable, por lo que habría que hacer posteriormente las composiciones oportunas en función de si el circuito es monofásico o trifásico.

Como es razonable esta prueba debe efectuarse en los circuitos que "a priori" resultan más desfavorables por densidad de carga o longitud, y sacar conclusiones de la totalidad de la instalación.

Un aspecto que complica la obtención de resultados concluyentes en esta medida es que al no existir durante las pruebas toda la carga prevista, las caídas de tensión serán inferiores a las que se producirán en condiciones nominales. En las líneas entre cuadros los resultados pueden extrapolarse sin error apreciable a las intensidades previstas en el proyecto a carga nominal. En los circuitos de distribución no es siempre posible pues las cargas están distribuidas a lo largo de su recorrido, por lo que al extrapolar se cometerían errores. Ello obliga a limitarse a comprobar exclusivamente los circuitos de alumbrado en los que está presente toda la carga.

En cualquier caso, esta exigencia no es relevante en cuanto al funcionamiento de la instalación en sí, siempre que las caídas de tensión se mantengan en torno a los límites indicados por lo que, en consecuencia, no es necesario obsesionarse con su cumplimiento estricto. Debe tenerse en cuenta en este sentido lo siguiente:

- La comprobación se realiza sobre los circuitos que se supone son más desfavorables.
- Los resultados se extrapolan a las condiciones nominales (máximas previsibles).
- Se mide la caída de tensión hasta los puntos de consumo extremos, no representativos de la media de cada circuito.

g) Comprobación de tensión en puntos de consumo

Es posible que la alimentación de corriente a algún punto de consumo se encuentre interrumpida como consecuencia de algún defecto de ejecución. Estas anomalías se pondrían de manifiesto rápidamente en equipos fijos pues presentarían problemas de funcionamiento. No obstante, en los circuitos de usos varios (tomas de corriente) o de alumbrado en viviendas, todavía sin lámparas instaladas, deberá medirse la tensión para cerciorarse de que no hay problemas de este tipo.

En esta comprobación no se detectarían conexiones mal realizadas o conductores dañados, sino tan solo interrupciones, pues hasta que no circule corriente no se pone de manifiesto la caída de tensión puntual originada por este tipo de defectos.

h) Comprobación del equilibrado de cargas

En líneas trifásicas es importante que las cargas estén equilibradas, es decir, que se repartan homogéneamente en las tres fases, pues las descompensaciones provocan la sobrecarga del neutro y de la fase más desfavorable, así como mayores caídas de tensión. En algunos proyectos se determina cómo deben repartirse las distintas cargas previstas, aunque en una gran parte no. En consecuencia, es el propio instalador quien efectúa la distribución de puntos de consumo según su criterio particular, por lo que en las pruebas debe verificarse este aspecto.

No obstante, esta comprobación se encuentra bastante limitada por el hecho de que antes de la puesta en servicio de un edificio se dispone únicamente de las cargas de alumbrado y de los motores de bombas, ventiladores, ascensores, etc., aunque no de otros receptores típicos de los trabajos que se realicen durante el funcionamiento habitual de dicho edificio (ordenadores, fotocopiadoras, proyectores, etc.).

En consecuencia, no queda más remedio que partir de la base de que por lo menos las luminarias se hayan distribuido adecuadamente, por lo que la prueba debe efectuarse por cuadros con toda la carga alimentada, siempre y cuando se disponga de potencia suficiente en la acometida. Los motores no afectan a esta comprobación pues, salvo excepciones, son trifásicos por lo que no producen desequilibrios.

The current circulating in the phase and neutral conductors should be measured under these conditions: the reading for the phase conductors should be very similar and nearly nil for the neutral. The criterion on whether the result is acceptable or not depends in part on whether the lighting distribution could have been better balanced and essentially on whether the engineer observes that some one of the conductors is or may become overloaded.

It may seem surprising that on occasion, when the results of this test are analysed, although the phases are found to be well-balanced, the readings for the neutral are abnormally high. This circumstance, which is becoming more and more commonplace, is due to the third harmonic of the current - produced by reactances and likewise present in the non-linear loads associated with electronic device that are not compensated among the phases, but rather overlap. This is the reason that the R.E.B.T. specifies that the neutral conductor in three-phase systems servicing discharge lamps must have the same area as the phase conductors; this requirement should likewise be made extensive to the supply lines for non-linear loads, where harmonics are more acute.

i) Checking supply equipment operation

i.1) Transformation centre

Only very limited checking can be run on transformation centres, since there is no suitable portable equipment and handling the facility at 15 or 20 kV could be very hazardous. Therefore, other than the earthing and the through and contact voltage, all that can be checked is the blocking mechanism to prevent undue operations, with the power off, naturally. As there is no compulsory code on blocking mechanisms, the most appropriate criterion is common sense, inspecting the mechanical or electric protection systems in place to ascertain that they suffice to prevent anyone from accidentally accessing live parts.

Other ancillary facilities should likewise be checked for proper working order, such as the ventilation or automatic fire extinguishing systems, even though they are not a part of this installation.

i.2) Power generator

It may be deduced from the above that in general when operating tests are conducted the load is insufficient to subject the power generator to nominal conditions. Consequently, the checks that can and should be run are as follows:

- Simulation of system outage to verify start-up and network system-power generator switching.
- Simulation of resumption of power in system to check the reverse operation and subsequent equipment shut-off.
- Manual start-up and shut-off.
- Verification of proper operation of alarms and signals.
- Checking motor and room temperature for stability, with the load available.

i.3) Uninterruptible power supply (U.P.S.)

It is not feasible to conduct full in situ tests for U.P.S. operation, firstly due to the lack of sufficient load, but essentially because the output waveform should be checked in real time when the various operations are performed. Consequently, the checks to be run, particularly when the U.P.S. system consists of several parallel units, are limited to verifying that the equipment is in working order by voluntarily provoking start-up of the automatic controls.

The other aspects to be checked, using the means available to the U.P.S., are the control and outage indicators and the operating parameter display (voltage, current, power output, etc.)

j) Others

As stated above, this section includes other kinds of checks that are usually run, even though they are related to connected loads.

j.1) Measure of lighting levels

Before the building is authorised for initial use, the average lighting levels should be compared to the design provisions. This is done by selecting several rooms that are representative of the entire building in terms of both lighting distribution and size and shape of lights.

En estas condiciones se medirá la intensidad que circula por los conductores de fase y por el neutro, debiendo ser similares entre sí las primeras y casi nula la última. El criterio de si el resultado es o no aceptable dependerá en parte de si la distribución de iluminación hubiera podido realizarse de forma más equilibrada, y fundamentalmente de si el técnico observa que algún conductor está o puede llegar a estar sobrecargado.

En algunas ocasiones, puede parecer sorprendente al analizar los resultados de esta comprobación que se presenten casos en que, estando compensadas las fases, se hayan medido intensidades por el neutro anormalmente elevadas. Este fenómeno es cada día más común y es debido al tercer armónico de la corriente producido por las reactancias, presente también en las cargas que incorporan electrónica (no lineales), que no se compensa entre las fases, sino que se superpone. Este es el motivo por el que el R.E.B.T. establece que el conductor neutro en sistemas trifásicos que dan servicio a lámparas de descarga sea de igual sección que los conductores de fase, lo que debería hacerse extensivo a los suministros a cargas no lineales, donde los armónicos son más acusados.

i) Comprobación del funcionamiento de los equipos de suministro

i.1) Centro de transformación

Las comprobaciones de funcionamiento que se pueden llevar a cabo sobre centros de transformación son muy limitadas pues no existen los equipos portátiles necesarios y efectuar ciertas manipulaciones con tensiones de 15 ó 20 KV sería muy arriesgado. En consecuencia, además de la puesta a tierra y las tensiones de paso y de contacto, las comprobaciones a realizar se limitan a verificar los enclavamientos para evitar falsas maniobras, por supuesto sin presencia de tensión. En cuanto a dichos enclavamientos, no existe ninguna exigencia de obligado cumplimiento por lo que hay que aplicar el sentido común, observando los sistemas de protección que existan, mecánicos o eléctricos, para evitar que accidentalmente una persona pudiera acceder a partes en tensión.

Deberá comprobarse además el funcionamiento de otras instalaciones auxiliares, como es el sistema de ventilación o el de extinción automática, si existiesen, aunque ello no formaría parte de esta instalación.

i.2) Grupo electrógeno

Se desprende de lo hasta ahora comentado que por lo general al efectuar las pruebas de funcionamiento no existe carga suficiente para someter al grupo electrógeno a sus condiciones nominales. En consecuencia, las comprobaciones que pueden y deben realizarse serían las siguientes:

- Simulación de cortes de red para verificar el funcionamiento del arranque y de la conmutación red-grupo.
- Simulación del retorno de red para comprobar la maniobra inversa y la posterior parada del equipo.
- Arranque y parada manuales.
- Verificación del funcionamiento de las alarmas y señalizaciones.
- Comprobación de la estabilización de las temperaturas de motor y ambiente, con la carga disponible.

i.3) Sistema de alimentación ininterrumpida (S.A.I. ó U.P.S.)

No resulta viable efectuar "in situ" unas pruebas completas del funcionamiento de los S.A.I., en primer lugar por la inexistencia de carga suficiente, pero fundamentalmente porque debería verificarse en tiempo real la forma de la onda de salida al efectuarse las distintas maniobras. En consecuencia, las comprobaciones a efectuar se limitan a verificar que el equipo se encuentra en condiciones provocando voluntariamente la actuación de las maniobras automáticas, especialmente cuando el S.A.I. está formado por varias unidades en paralelo.

Asimismo debe comprobarse, con los medios de que disponga el S.A.I., las indicaciones de maniobras y averías ocurridas y la presentación de los parámetros de funcionamiento (tensión, intensidades, potencias, etc.).

j) Otras comprobaciones

Como ya se ha indicado, se incluye en este apartado otras comprobaciones llevadas a cabo normalmente junto con las comentadas con anterioridad, aunque se refieren a las cargas conectadas a la instalación.

j.1) Medida de los niveles de iluminación

Antes de la puesta en servicio del edificio, deben contrastarse los niveles medios de iluminación respecto a los cálculos efectuados en el proyecto. Para ello, se seleccionan varias estancias que sean representativas de todo el edificio por la distribución de los aparatos de alumbrado y por su tamaño y forma.

A luxometer is used to measure illuminance in a previously defined grid at desk level to calculate the mean value for the room. The reader should take care not to cast a shadow over the measuring equipment when taking the reading.

Measurements must be taken at night to avoid interference from sunlight and after the lights have been on for at least 10 hours, although not necessarily prior to the test, since at first the light flux to the fluorescent tubes is considerably lower than the nominal rate.

Before comparing findings to the design values, a conservation factor must be applied to the former, analogous to the factor considered in the calculations, but adapted to the conditions prevailing in the building when the tests are conducted. It must be borne in mind that the lights may have been on for much longer than the time specified, so the light flux may have declined with respect to the nominal values. Furthermore, the luminaries and fluorescent tubes will very likely have been dirtied during the final stages of construction.

Assuming that the conservation factor applied in the design is correct, the factor taken when running the tests should always be slightly higher, and established at the discretion of the engineer in charge. When the design includes no substantiating calculations, such engineer shall be free to choose the most suitable coefficient, as well as the mean reference illuminance values, since, although certain references are available that can be taken as recommendations, no code is in effect in this regard.

j.2) Measure of power factor

The effects of the power factor ($\cos \phi$), a characteristic of the load connected to the wiring system (lighting, computers, motors, etc.), impact the wiring itself and the power supply equipment. For a given active power value, the lower the power factor the higher the current or, equivalently, the apparent output, saturating network capacity. It is of prime importance, then, for each unit to be fitted with elements to minimise the consumption of reactive energy, usually condensers.

As far as lighting devices are concerned, the R.E.B.T. limits the power factor to a minimum value of 0.85, although it does not specify the voltage range. This is an important consideration, since when supply voltage is modified, the power factor of the luminaries changes considerably, an aspect that should be taken into account when conducting the tests and interpreting the results.

Consequently, with the exception of the luminaries, this test is intended to obtain information on load performance with respect to its effect on the electrical installation and ascertain whether corrective measures are required. It should be borne in mind that, for the intents and purposes of billing electric energy consumed, power factors of under 0.9 are penalised, whereas there are rebates for factors of over 0.95.

The system may be equipped with a suite of condensers to correct the overall power factor, for the intents and purposes discussed above, with various automatic input/output steps; these should be checked for proper working order, i.e., to ensure that they actually do keep the power factor within the established range.

j.3) Checking harmonics (voltage and current wave deformation)

As noted in the preceding section, harmonic content in the electric current is due to the characteristics of the load connected to the system, whereas it is the installation that suffers the consequences. There are still no regulations in Spain establishing the maximum amount of harmonics that each unit may produce (total harmonic distortion), so these tests are merely informative. Account should be taken, moreover, of the fact that when this check is run most of the critical load, which consists essentially of electronic devices such as the computers, printers, photocopiers, etc. that abound in office buildings today, is not yet connected.

Therefore, this check should be run once the building is in use, in order to detect any possible critical situations, since they may have any number of effects on the building's electrical system. One of the most common and most harmful, although not the most severe, is the unforeseeable behaviour of ground-fault circuit interrupter.

Specific equipment (signal analysers) able to establish the harmonics rate for each frequency should be used for the analysis, in order to be able to take the most appropriate corrective measures in each case.

Con la ayuda del luxómetro se miden entonces las iluminancias en una cuadrícula previamente establecida, a la altura del plano de trabajos para luego calcular el valor medio. Hay que evitar que el cuerpo de la persona que está realizando esta comprobación arroje sombra sobre el equipo de medida.

Las medidas tienen que efectuarse en período nocturno para que no exista influencia de la iluminación natural y después de que la instalación haya estado en funcionamiento al menos 10 h, no necesariamente previas a la prueba, pues inicialmente el flujo luminoso de los tubos fluorescentes es sensiblemente inferior al nominal.

Para poder efectuar una comparación entre los valores medidos y los del proyecto debe aplicarse sobre los primeros un factor de conservación, análogo al considerado en los cálculos, aunque adaptado a las condiciones del edificio en el momento de las pruebas. Hay que tener en cuenta que la iluminación puede haber estado encendida un tiempo sensiblemente superior al señalado, por lo que el flujo luminoso habrá disminuido en relación con el nominal. Asimismo, las luminarias y los tubos fluorescentes se habrán ensuciado como consecuencia de los trabajos finales de la obra.

Dando en principio por válido el factor de conservación que se haya aplicado en el proyecto, el que se considere al realizar las pruebas debería ser siempre superior al anterior aunque próximo, a juicio del técnico responsable. Cuando en el proyecto no se incluyan cálculos justificativos, esta persona tendrá libertad de seleccionar el coeficiente adecuado, así como los niveles medios de iluminación de referencia, pues no existe normativa al respecto aunque sí diversas referencias que pueden tomarse como recomendaciones.

j.2) Medida del factor de potencia

El factor de potencia ($\cos \varphi$) es una característica de la carga conectada a una instalación eléctrica (alumbrado, ordenadores, motores, etc.), aunque sus consecuencias las sufren la propia instalación y los equipos de suministro. Para una misma potencia activa o útil, cuanto menor es el factor de potencia mayor es la intensidad de la corriente, o lo que es equivalente, la potencia aparente, saturando la capacidad de la red. Es primordial por ello que cada equipo tenga elementos para minimizar el consumo de energía reactiva, normalmente condensadores.

En el caso de los aparatos de alumbrado, el R.E.B.T. limita el factor de potencia al valor mínimo de 0,85, aunque no establece en qué márgenes de tensión. Es importante este aspecto, pues al variar la tensión de suministro, el factor de potencia de las luminarias cambia sensiblemente, lo que debe tenerse en cuenta al realizar las pruebas e interpretar los resultados.

En consecuencia, salvo en el caso de las luminarias, esta comprobación está orientada a obtener información del comportamiento de las cargas de cara a la incidencia en la instalación, y poder analizar si es necesario introducir medidas correctoras. Hay que tener en cuenta que, a los efectos de facturación de la energía eléctrica consumida, está penalizado que el factor de potencia medio sea inferior a 0,9 y bonificado que sea superior a 0,95.

Puede existir en la instalación una batería de condensadores para la corrección del factor de potencia global, a los efectos comentados, con varios escalones de entrada/salida automática, debiéndose verificar si su funcionamiento es adecuado, es decir, si realmente mantiene el factor de potencia en los límites fijados.

j.3) Comprobación de armónicos (deformación de las ondas de tensión e intensidad)

Al igual que lo comentado en el punto anterior, el contenido de armónicos en la corriente eléctrica es debido a las características de la carga conectada, siendo las instalaciones las que sufren las consecuencias. No existe todavía reglamentación en España que limite la cantidad máxima de armónicos que puede producir cada equipo (distorsión armónica total), por lo que su comprobación tiene un carácter informativo. Hay que tener en cuenta además que al realizar esta determinación no existirá la mayor parte de la carga que resulta crítica, que fundamentalmente es toda la que incorpora electrónica para su funcionamiento, como ordenadores, impresoras, fotocopiadoras, etc., cada día más abundantes en edificios de oficinas.

Por consiguiente, esta comprobación debe ser realizada una vez se ponga en servicio al edificio, con el propósito de poner de manifiesto los casos que puedan resultar críticos, pues las consecuencias que pueden tener en el funcionamiento de las instalaciones eléctricas son diversas. Una de las más frecuentes actualmente y que más perjuicios está causando, aunque no la más grave, es la actuación imprevista de los interruptores diferenciales.

El análisis debe realizarse con equipos específicos (analizadores de señales) que son capaces de establecer la tasa de armónicos para cada frecuencia, lo que permitirá tomar medidas correctoras adecuadas en caso de ser necesario.

j.4) Checking emergency lighting

It is important to check emergency lighting and signing before the building is authorised for initial use, which entails three different measures:

- Checking all indicator pilot lights and signal lighting when idle (when the power is supplied by the network)
- Verifying that when an outage occurs all the devices switch internally to supply from the respective batteries.
- Measuring operating range, which should not be under 1 hour. This check should be run after the equipment has been charged uninterruptedly for at least 24 hours before the test.

Further tests should be run to ensure that the lighting in the exit ways meets the standards set out in the Basic Building Standard on Fire Protection (NBE-CPI-96) presently in force; readings are to be taken with a luxometer.

3.3 AIR CONDITIONING

Finally, this Paper will discuss the tests to be conducted on HVAC systems, unquestionably the most difficult to run and interpret. In this regard, the regulations currently in effect on heating, air conditioning and hot water facilities specifies the tests to be conducted after the system is in place in its Complementary Technical Instructions IT.IC.21 on "Facility acceptance". The description of these tests is, however, rather vaguely worded and the approach is somewhat unrealistic.

Moreover, UNE standard 100-010 (parts 1, 2 and 3) likewise specifies the adjustment and balancing tests to be conducted in HVAC systems, which may unquestionably be applied to service tests. Nonetheless, since this standard is not yet mandatory, it may be used as a reference only. The contents of this standard are, nonetheless, much more useful and clearer than the regulation instructions and merit a careful reading.

The tests set out in this section coincide essentially with the approach taken in the UNE standard, although the present review broaches the difficulties currently encountered in Spain with respect to this kind of facility somewhat more practically.

To begin the discussion, then, it should be noted that due to the enormous variety of typologies in use, it is not possible to analyse each specific solution. The discussion will focus, rather, on a generic system providing both cooling and heating and its respective water (pipes) and air (ducts) distribution systems and treatment units. Nonetheless, the line of reasoning established may be sufficient to analyse and envisage the tests to be conducted in other kinds of air conditioning facilities.

Firstly, it must be stressed that operating tests for HVAC systems should never be envisaged to determine whether the installation is sufficient in terms of capacity to deal with the thermal loads that may arise in building use. As indicated previously, in most cases the conditions for which the facility is engineered are not the conditions prevailing when the tests are run, in particular with respect to occupation of the building and weather. Taking this premise as a point of departure, tests should be designed so that, regardless of the conditions prevailing at the time, the information obtained should be sufficient to determine whether the installation is in working order, assuming or having already checked that equipment dimensions and distribution networks are suited to the maximum global demand both for the building as a whole and for each individual area: that is to say, assuming that the hypotheses set forth when the facility was engineered are in keeping with building use and the computation procedures used in the design are suitable.

This leads us to focus service tests essentially on checking to ensure that the various kinds of equipment comply with the stated operating parameters and that the flow rates of the fluids that carry the heating and cooling energy throughout the building are as engineered. Moreover, given that the HVAC system is going to be operating under conditions far removed from design conditions, it is likewise important to verify that the systems for adjusting the power produced and released at any given time perform as they should.

All of the above should be completed with a series of additional tests to check on various aspects that are rather unrelated to air conditioning per se, such as watertightness in pipes, thermal losses during distribution, protection units on electric motors or facility noise levels.

Before discussing the specific tests to be conducted, mention must be made of two factors that also qualify test procedures.

j.4) Comprobación del alumbrado de emergencia

Es importante verificar antes de la puesta en servicio del edificio que los aparatos de alumbrado de emergencia y señalización están en correctas condiciones, lo que conlleva tres actuaciones diferentes:

- Comprobación de que en estado de reposo (con tensión de red) funcionan los pilotos indicadores y las lámparas de alumbrado de señalización
- Verificación de que al interrumpirse el suministro todos los equipos producen internamente la conmutación a alimentación mediante las baterías correspondientes.
- Medida de la autonomía de funcionamiento, que no debe ser inferior a 1 hora. Esta comprobación debe realizarse después de haber mantenido cargando los equipos de forma ininterrumpida al menos 24 horas antes de la prueba.

Debe comprobarse además que los niveles de iluminación en las vías de evacuación se ajustan a lo indicado en la vigente Norma Básica de la Edificación sobre las Condiciones de Protección Contra Incendios (NBE-CPI-96), lo que se realizará con la ayuda de un luxómetro.

3.3 INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN

Para finalizar este Cuaderno se van a tratar las pruebas a realizar sobre las instalaciones de climatización, sin lugar a dudas las más complejas de llevar a cabo y de interpretar. En este sentido, el vigente Reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria establece en su Instrucción Técnica Complementaria IT.IC.21 "Recepción de instalaciones" las pruebas que hay que realizar una vez finalizados los trabajos de ejecución. No obstante, la descripción de las pruebas es poco concreta y acusa una cierta falta de realidad en su planteamiento.

Por otro lado, la norma UNE 100-010 (partes 1, 2 y 3) establece las pruebas de ajuste y equilibrado a realizar en una instalación de climatización, lo que sin duda alguna sería aplicable a la realización de las pruebas de servicio. No obstante, esta norma no es todavía de obligado cumplimiento, por lo que debe utilizarse únicamente como referencia. El contenido de esta norma es bastante más útil y esclarecedor que la anteriormente citada, por lo que se recomienda su lectura detallada.

Las pruebas establecidas en este apartado coinciden básicamente en su planteamiento con lo expresado en la norma UNE, aunque con un carácter más práctico en cuanto a las dificultades que presenta actualmente en España la práctica habitual en este tipo de instalaciones.

Entrando ya en materia, hay que mencionar que debido a la enorme tipología existente no es posible analizar cada solución concreta, por lo que se va a comentar el caso de una instalación genérica con equipos de producción de frío y calor, redes de distribución de agua (tuberías), aire (conductos) y unidades de tratamiento. No obstante, la línea de razonamiento establecida puede ser suficiente para analizar y plantear las pruebas a realizar en instalaciones diferentes.

En primer lugar, hay que destacar que las pruebas de funcionamiento de una instalación de climatización nunca deberán plantearse con el objeto de determinar si ésta es suficiente en lo que respecta a la capacidad para combatir las cargas térmicas que puedan presentarse en el uso del edificio. Como ya se ha indicado, en la generalidad de los casos no se darán durante las pruebas las condiciones para las que ha sido diseñada la instalación, particularmente las que se derivan de la ocupación del edificio y de la climatología. Partiendo de esta premisa, las pruebas deben plantearse para que, independientemente de la situación en que se realicen, la información que se obtenga sea suficiente para determinar si la instalación se encuentra en condiciones de ser puesta en servicio, dando por supuesto o habiendo comprobado previamente que el dimensionamiento de los equipos y las redes de distribución es adecuado para la máxima demanda global del edificio y la particular de cada zona. Es decir, que las hipótesis de diseño establecidas son acordes con el entorno y el uso del edificio y que los procedimientos de cálculo utilizados en el proyecto son adecuados.

Ello nos lleva a enfocar las pruebas de servicio básicamente hacia la comprobación de que los diversos equipos proporcionan los parámetros de funcionamiento anunciados y que los caudales de los fluidos que transportan la energía calorífica y frigorífica por el edificio son los previstos en el proyecto. Por otro lado, dado que las instalaciones de climatización van a funcionar normalmente fuera e incluso muy lejos de las condiciones de diseño, es importante verificar asimismo que los sistemas encargados de regular las potencias producidas y cedidas en cada momento tienen un comportamiento adecuado.

Todo esto debe completarse con una serie de pruebas adicionales de diversos aspectos ajenos a la esencia de la climatización, como es la comprobación de la estanquidad de las redes, de las pérdidas térmicas en la distribución, de los elementos de protección de motores eléctricos o de los niveles de ruido originados por la instalación.

Antes de entrar a comentar las comprobaciones concretas a realizar, hay que hacer hincapié en dos factores que condicionan asimismo la realización de las pruebas.

- The power released by production equipment under operating conditions cannot be accurately determined.
- It is extremely difficult to measure water and air flow reliably.

It is, therefore, often necessary to opt for indirect methods to obtain or estimate such parameters, to be able to come to any conclusion with respect to facility acceptance.

a) Cooling equipment (cooling units and heat pumps)

This equipment should be supplied with sufficient performance and output warranties, since only limited checking can be run in situ, due essentially to the following:

- The measurements of the various operating parameters must be taken under very stable conditions and nearly simultaneously.
- There is no way to determine water and air flows to a sufficient degree of accuracy for these intents and purposes.
- Temperature measurements may contain errors because of the conditions in which the readings are taken; such errors are of scant importance to obtain an approximate idea of the prevailing working conditions but unacceptable to establish thermal drops with the necessary precision.

Therefore, the purpose of the checks run in situ is to verify that cooling equipment performance is as specified in two essential aspects: output temperature and capacity control. Moreover, it is advisable to determine other operating parameters to compare them with manufacture specified values under test conditions and ascertain, not their validity, but rather whether there are any apparent anomalies. Specifically, technical catalogues on cooling equipment usually contain tables on the electric power consumed under different temperatures; if the various parameters are measured, then, they can be checked for consistency with the specifications listed.

Consequently, before undertaking to run the tests, the engineer in charge should have access to and review the technical documentation on the cooling equipment installed.

Heat pumps should likewise be checked for the reversibility of the cooling cycle (cold - hot output).

Checks may only be run if the temperature at which the machine is forced to operate does not set off internal protection systems and, naturally, if the electric power available suffices (or the fuel needed for equipment running on gas motors is available).

b) Heating units (boilers)

With the exception of wall units, the checks that can be run on boilers are in general quite complete and decisive, providing the necessary fuel is at hand. The regulations and specifications in force, as well as the existence of appropriate measuring equipment, make it possible to determine combustion parameters and evaluate the respective performance to compare it to the restrictions laid down in the respective codes. Furthermore, using either the meters with which the facilities are equipped (gas) or others which can be temporarily installed (gas-oil), fuel consumption readings and, through them, nominal and actual output measurements, can be taken and compared to manufacture listed specifications.

With respect to electric-powered boilers measurements of the current consumed can be used to determine the power absorbed, which is reasonably close to the actual value.

As far as service conditions are concerned, safety devices on boilers should be checked, in particular those involved in thermostat operation and fuel supply cut-off in the event of electricity outages, detection of gas or any other possible anomaly.

c) Water flow rates

To verify that the output produced by a given unit can be conveyed to the terminal equipment that directly or indirectly reduces the thermal load in a given area and that such equipment reaches performance levels, it is indispensable to estimate the total water flow rate and the rate in each terminal unit. The difficulty encountered in reliably estimating this parameter in closed networks, particularly if the installations are not fitted with the appropriate components, was discussed above; this is not to suggest that flow meters be installed, since the cost would not be warranted, generally speaking, but rather the reference is to other kinds of elements that make it possible to take measurements that indirectly provide such information. Specifically, rated accessories, with a known pressure drop/flow constant, can be used to ascertain the respective flow by measuring pressure head loss during water circulation.

- No es posible determinar con precisión las condiciones de funcionamiento de los equipos de producción en lo que respecta a la potencia cedida.
- Las medidas de caudales de agua y aire presentan grandes dificultades para realizarlas de forma fiable.

Por tanto, en muchas ocasiones es necesario optar por métodos indirectos para la obtención o estimación de dichos parámetros, de forma que finalmente sea posible emitir un juicio sobre la instalación en la línea de lo manifestado hasta ahora.

a) Equipos frigoríficos (unidades enfriadoras y bombas de calor)

Estos equipos deben venir de origen con garantías suficientes sobre su rendimiento y potencia pues las verificaciones que se pueden realizar "in situ" son muy limitadas, debido fundamentalmente a lo siguiente:

- Las medidas de los diversos parámetros de funcionamiento tienen que efectuarse en condiciones muy estables y casi simultáneamente.
- No hay forma de determinar con precisión suficiente a estos efectos los caudales de agua y aire.
- Las medidas de temperatura pueden presentar errores por las condiciones en que se toman, de escasa importancia de cara a tener una idea aproximada de las condiciones en que está trabajando una máquina pero inaceptables para establecer saltos térmicos con la precisión necesaria.

Por consiguiente, las comprobaciones realizadas "in situ" tienen como objeto verificar que los equipos frigoríficos se comportan correctamente en lo que se refiere a dos aspectos fundamentales: temperatura de producción y parcialización de carga. Por otro lado, es conveniente determinar otros parámetros de funcionamiento de cara a compararlos con los anunciados por el fabricante en las condiciones de ensayo y evaluar no tanto su validez, sino si existe alguna anomalía aparente. En concreto, en los catálogos técnicos de los equipos frigoríficos es normal encontrar tablas que facilitan la potencia eléctrica consumida en distintas condiciones de temperatura, por lo que midiendo unos y otros parámetros puede evaluarse su coherencia con los anunciados.

En consecuencia, antes de comenzar las pruebas es necesario conseguir y analizar la documentación técnica de los equipos frigoríficos que se hayan montado.

En las bombas de calor debe comprobarse además la reversibilidad del ciclo frigorífico (producción de frío - producción de calor).

Todas las comprobaciones están supeditadas a que las condiciones de temperatura en las que se ve forzada a funcionar la máquina no activen los sistemas de protección internos y, por supuesto, a la disponibilidad de potencia eléctrica suficiente (o existencia de combustible en los equipos que incorporan motor de gas).

b) Generadores de calor (calderas)

Las comprobaciones que pueden realizarse sobre las calderas son en general completas y determinantes, salvo en los equipos murales, siempre que exista el combustible necesario. El desarrollo y la concreción de la normativa, así como la existencia de equipos de medida adecuados, permiten determinar los parámetros de la combustión y evaluar los rendimientos correspondientes para compararlos con las limitaciones establecidas en la reglamentación vigente. Asimismo bien con los contadores de que disponen las instalaciones (gas) o mediante los que pueden montarse (gasóleo), es factible obtener los consumos de combustible y, en definitiva, las potencias nominales y útiles para contrastarlas con las anunciadas.

En el caso de calderas eléctricas bastaría con medir la intensidad consumida para conocer la potencia absorbida, sensiblemente igual a la útil.

En lo que respecta a las condiciones de servicio, tiene que comprobarse el funcionamiento de las seguridades que incorporan las calderas, especialmente las referentes a la actuación de los termostatos y a la interrupción del suministro de combustible en caso de fallo del suministro eléctrico, detección de gas, o cualquier otra anomalía que pueda ocurrir.

c) Caudales de agua

De cara a verificar que la potencia producida en un generador puede ser conducida hasta los equipos que directa o indirectamente van a combatir la carga térmica de los locales, y que estos equipos van a poder obtener el rendimiento anunciado, es imprescindible poder estimar los caudales de agua en origen y los que llegan a cada unidad terminal. Ya se ha mencionado la dificultad de realizar estas determinaciones de forma suficientemente fiable en redes cerradas, particularmente si las instalaciones no incorporan elementos apropiados, si bien no se está sugiriendo que se monten medidores directos de caudal, cuyo costo no sería justificable en general, sino otra serie de elementos que permitan efectuar medidas que indirectamente proporcionen esta información. Concretamente existen accesorios calibrados, con una constante presión/caudal conocida, de forma que midiendo la pérdida de carga que producen por la circulación del agua se determinaría el caudal correspondiente.

Many installations, and especially the smaller kind such as small fan-coils, etc., are not equipped with such accessories, so other kinds of measures must be taken.

- The first, analogous to the above, would consist of measuring the pressure drop in water circuits between production equipment and terminals. The pressure/flow constant is not, however, always available and, even when it is, its reliability is suspect if not manufacture-guaranteed. Besides, this procedure calls for fitting taps before and after each unit to measure the respective pressures.
- An alternative solution would be to measure temperature drops in generators and terminal equipment, which entails knowing the design figures. This check should be used to ascertain whether flow distribution is homogeneous (balanced), but under no circumstances to establish water flow rates.

Moreover, the discharge and return temperatures for each unit are usually measured with a probing rod; given, then, the precision of the instrument and the (in)accuracy of the procedure, readings may be subject to errors of over $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Even in such cases, the error assumed in jumps in temperature would be $\pm 0.7^{\circ}\text{C} = (0.5^2 + 0.5^2)^{1/2}$, so that in HVAC systems with nominal thermal jumps of 5°C , the error may be as large as $\pm 14\%$.

- Finally, the global flow rate can be established for each circuit, in principle, on the basis of circulating pump operating conditions, although this check would provide no information on flow distribution. Based on manufacturer operating curves, the flow rate can be determined by measuring the pump head. This calls for installing precision manometers scaled to take readings in the range of pressures detected at the pump discharge point. That is to say, manometers of the kind normally used for such facilities, with no guarantee of precision and scaled to a precision of 0.5 kg/cm^2 at best, will not do.

d) Air flow rates

Air flow rates should be determined for much the same reasons as water flow rates in hydronic systems as discussed above. Indeed, in order for air treatment equipment to reach manufacturer listed outputs, air flow rates must be close to the nominal figures. Furthermore, assuming that the facility is properly engineered, thermal loads in rooms can only be accommodated if rooms receive the inflow set out in design estimates.

Nonetheless, the problems encountered in determining air flow rates is quite different from those discussed in the section on hydronic systems. In this case obtaining reliable measurements depends on being able to take them under sufficiently stable conditions.

If the installation has no flow rate measuring stations, readings may be taken directly inside the ducts, making holes as necessary, although the measuring section must be positioned in straight runs, with no elbows, branches or other elements that may cause flow turbulence. The length of these straight runs, upstream of the measuring section, is estimated to be from 5 to 7 times the equivalent diameter of the duct and from 3 to 5 times the diameter downstream of the section.

Once the ideal location is established, several longitudinal air speed readings must be taken in a series of points on a previously established grid, drawn to the shape and size of the duct. The air flow rate is proportional to the mean speed thus obtained.

Straight runs of the required length are, however, not normally found in such installation, so alternative methods have often to be employed. If the air handling units are large enough, air flow rates may be determined from air flow meter readings taken inside them, although this is not always a simple task. If the inflow grids are accessible, air flow might also be measured from there. Finally, it may also be possible to determine flow rates indirectly from fan operating curves, based, in turn, on spin rate and power consumed.

In any case it must be assumed that more or less sizeable errors may be committed and that both the input flows and the flow returned by grids and diffusers should likewise be checked for proper distribution (balanced). This can be done with Pitot tubes, rotating vane anemometers or similar devices that provide point-by-point air speed readings. The grid and diffuser manufacturer should furnish data on the net sections to be considered in each case. Another alternative would be to use equipment that measures all the air flowing in or out of these elements, flow measuring hood bearing in mind that as such equipment occasions a small pressure head loss, it may, in certain cases, alter network operating conditions.

Gran parte de las instalaciones, y particularmente los equipos de menor entidad como pequeños climatizadores "fan-coils", etc. no incorporan estos elementos, por lo que hay que optar por otro tipo de determinaciones.

- La primera de ellas sería análoga a la anterior y consistiría en medir la pérdida de carga de los circuitos de agua a través de los equipos de producción y terminales. No obstante, no siempre se dispone de la constante de proporcionalidad presión/caudal y, de existir, su fiabilidad es dudosa si no está garantizada por el fabricante. Además es necesario incorporar tomas antes y después de cada equipo para medir las presiones correspondientes.
- Una alternativa a la anterior sería la medida de saltos térmicos en generadores y equipos terminales para lo cual es necesario conocer los previstos. Esta comprobación debe utilizarse como medio para evaluar si la distribución de caudales es homogénea (equilibrado) aunque en ningún caso para establecer caudales de agua.

Por otro lado, las temperaturas de impulsión y retorno de cada equipo se miden normalmente mediante sondas de contacto, por lo que teniendo en cuenta la precisión propia de los elementos de medida junto con la asociada al procedimiento, se podrían cometer errores incluso superiores a $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Aún en este caso se estarían asumiendo errores en los saltos térmicos de $\pm 0,7^{\circ}\text{C} = (0,5^2 + 0,5^2)^{1/2}$, por lo que en instalaciones de aire acondicionado, con saltos térmicos nominales de 5°C , se podrían estar cometiendo errores del $\pm 14\%$.

- Finalmente, el caudal global de cada circuito puede establecerse, en principio, a partir de las condiciones de funcionamiento de las bombas de circulación, aunque no se obtendría información mediante esta comprobación del reparto de caudales. Para ello, basándose en las curvas de funcionamiento aportadas por los fabricantes, puede determinarse el caudal midiendo la presión proporcionada por la bomba. Ello requiere la instalación de manómetros de precisión contrastada y capacidad de apreciación para la toma de lecturas acorde con la escala de presiones del punto de funcionamiento de la bomba. Es decir, de nada servirían los manómetros habitualmente utilizados en las instalaciones, sin ninguna garantía sobre su precisión y con escalas que permiten apreciar $0,5 \text{ Kg/cm}^2$ como máximo.

d) Caudales de aire

La necesidad de tener que determinar los caudales de aire se deriva de una inquietud similar a la expuesta para las redes de agua. En definitiva, para que un equipo de tratamiento de aire pueda proporcionar las potencias anunciadas, es necesario que los caudales de aire sean próximos a los nominales. Asimismo, para poder combatir las cargas de una estancia es necesario aportar las cantidades de aire previstas, partiendo de la base de que su estimación en el proyecto se ha realizado adecuadamente.

No obstante, la problemática en la determinación de los caudales de aire es muy diferente a la expresada en el apartado anterior para las redes de agua. En este caso la dificultad para obtener medidas fiables radica en la necesidad de realizarlas en condiciones de estabilidad suficiente.

Si la instalación no dispone de estaciones medidoras de caudal, las medidas pueden efectuarse directamente en el interior de los conductos, practicando los orificios necesarios, si bien hay que disponer de tramos rectos antes y después de la sección de medida sin codos ni derivaciones o cualquier otro elemento que pueda introducir turbulencias en el flujo. Estos tramos rectos se estiman en valores entre 5 y 7 veces el diámetro equivalente del conducto aguas arriba de la sección de medida y entre 3 y 5 veces aguas abajo.

Una vez se disponga de la sección idónea, es necesario tomar varias medidas de la velocidad longitudinal el aire en una serie de puntos de una cuadrícula previamente establecida en función de la forma y dimensiones del conducto. El caudal de aire será proporcional a la velocidad media así obtenida.

Es bien sabido que en general es difícil encontrar tramos rectos de la longitud indicada, por lo que normalmente hay que proceder mediante métodos alternativos. Si las unidades de tratamiento de aire son suficientemente grandes, podrían determinarse los caudales mediante anemómetros desde el interior de las mismas, aunque lógicamente ello entraña grandes dificultades. Si las rejillas de aspiración son accesibles podrían igualmente medirse los caudales de aire en estas secciones. Por último, sería también posible determinar indirectamente los caudales basándose en las curvas de funcionamiento de los ventiladores a partir del régimen de giro de éstos y de la potencia absorbida.

En cualquier caso hay que asumir que se pueden cometer errores de cierta entidad y que sería necesario comprobar además los caudales impulsados y retornados por rejillas y difusores para verificar que el reparto (equilibrado) es adecuado. Para ello puede optarse por la utilización de tubos de pitot, anemómetros de paletas o equipos equivalentes que permitan efectuar medidas puntuales de velocidad del aire. El fabricante de las rejillas y difusores debe proporcionar datos sobre las secciones netas a considerar en cada caso. Alternativamente, existen equipos que recogen y miden la totalidad del aire impulsado o retornado por uno de estos elementos, debiendo tener en consideración que añaden una pequeña pérdida de carga, por lo que en ciertos casos pudieran alterar las condiciones de funcionamiento de la red.

e) Watertightness and distribution losses

Logically, there should be no leaks or heat losses in water or air distribution inside a building; the checks to be run in this regard are as follows:

- e.1) In hydronic systems, a final watertightness test should be conducted for the facility as a whole, in addition to the partial tests run during execution trials. The conditions under which tests should be conducted are similar to those described for plumbing installations, although the pressure involved is lower (1.5 times the working pressure, or a minimum of 4 kg/cm²).

Safety valves and expansion tanks must be closed off during this test. Furthermore, the facility should be subjected to several heating-cooling cycles prior to testing, so dilation and contraction of the various elements, particularly at the joints, will make it easier to detect any possible defects.

- e.2) The leak-tightness test in ductworks is mandatory only in medium and high pressure ducts, although it is recommended in low pressure ducts as well. Nonetheless, this test, described in UNE standard 100-104, should be run during facility execution.
- e.3) To ascertain whether abnormal heat losses occur during distribution in either pipework or ductwork, fluid temperature readings should be taken at both intake and in terminals. Heat losses are not readily computed on the basis of these readings, although such measurements can be used to detect anomalies.

This check is also designed to determine whether any of the units may eventually under-perform or if the treatment in any of the rooms is inadequate because one of the fluids (water or air) does not reach the design temperature as a result of heat losses during distribution.

f) Adjustment and control systems

The large variety of approaches to the issue of adjustment and control of HVAC systems, which range from mere switchboards associated with triple valves to highly complex buildings management systems, makes it impossible to specify the checks that should be run to ascertain whether a facility is fit for use. Nonetheless, very generally speaking, the following tests may be recommended:

- Checking field units and adjustment equipment for proper connections. This calls for tuning the set points in the latter to ratify that the references used (temperature, pressure, etc.) are correct and the valves, dampers and in general all the respective actuators work in the right direction to counter the distortions detected.
- Follow-up of the evolution of parameters for which readings are taken, in order to ensure that they adapt to the new conditions described in the preceding point without undue fluctuations around the desired value.
- Checking facility start-up and stop sequences as well as resetting after an electricity outage.
- Alarm and out of order signals, as appropriate.
- Follow-up and monitoring facility performance patterns at the central control station in centralised systems.
- Checking performance of ancillary functions, such as warm up of the building, equipment cycling, record keeping, etc.

In any case, it should be acknowledged that adjustment and control systems take a long time to reach optimum performance, and the more complex the HVAC system is, the more time is required, since fine tuning must be performed on the basis of the information obtained about the conditions that afford the greatest user comfort once the building is in use.

g) Room temperature

Room temperature readings in the various areas of buildings is a very useful way of discovering possible imbalance occasioned by flawed facility design, execution or adjustment (poor network balance, wrong equipment settings, adjustment malfunctions). Once detected, the cause should be ascertained and corrective action taken accordingly.

e) Estanquidad y pérdidas en la distribución

Lógicamente, la distribución de agua y aire por el interior de un edificio debe realizarse sin que se produzcan fugas ni pérdidas de energía, para lo cual deberían realizarse las siguientes comprobaciones:

- e.1) En las redes de agua debe plantearse una prueba de estanquidad final sobre la globalidad de la instalación, además de las parciales que se hayan realizado durante la ejecución. Las condiciones en que deben llevarse a cabo son similares a las descritas para redes de fontanería aunque a una presión inferior $\pm 1,5$ veces la presión de trabajo con un mínimo de 4 Kg/cm²).

En esta prueba tienen que aislarse las válvulas de seguridad y los depósitos de expansión. Asimismo deben haberse efectuado varios ciclos de calentamiento-enfriamiento con el propósito de que las dilataciones y contracciones de los distintos elementos puedan poner de manifiesto los defectos incipientes que existan, particularmente en las uniones.

- e.2) La prueba de estanquidad en redes de aire es preceptiva únicamente en conductos de media y alta presión, aunque es también recomendable en los de baja presión. No obstante, esta prueba, que se encuentra descrita en la norma UNE 100-104, debe efectuarse durante la ejecución de la instalación.

- e.3) Para analizar si se producen pérdidas de energía anormales en la distribución, tanto en las redes de agua como de aire, deben medirse las temperaturas de los fluidos en el origen y en puntos terminales. Una vez efectuadas estas medidas es difícil evaluar las pérdidas energéticas, aunque si es posible detectar comportamientos anómalos.

Con esta comprobación se pretende evaluar además si algún equipo puede llegar a tener problemas de rendimiento o si alguna estancia puede presentar un tratamiento defectuoso por no alcanzar el fluido correspondiente (agua o aire) la temperatura de diseño como consecuencia de pérdidas de energía en la distribución.

f) Sistemas de regulación y control

La gran variedad de planteamientos existentes para la regulación y control de las instalaciones de climatización, que van desde las simples centralitas asociadas a válvulas de tres vías hasta los más complejos sistemas de gestión centralizada, impide establecer con concreción suficiente las comprobaciones que deben llevarse a cabo para poder emitir un juicio sobre sus condiciones para la entrada en servicio. No obstante, con carácter muy general pueden recomendarse las siguientes verificaciones:

- Comprobación de que el conexionado entre los equipos de campo y los reguladores es correcto. Para ello deben efectuarse manipulaciones sobre los puntos de consigna de estos últimos con el objeto de ratificar que las referencias utilizadas (temperaturas, presiones, etc.) son correctas y que actúan las válvulas, las compuertas y en general los actuadores correspondientes, en el sentido lógico en función de las desviaciones provocadas.
- Seguimiento de la evolución de los parámetros controlados, con el propósito de comprobar que se adaptan a las nuevas condiciones impuestas, descritas en el punto anterior, sin grandes oscilaciones alrededor del valor buscado.
- Comprobación de las secuencias de arranque y parada de la instalación y reposición del servicio después de un fallo en el suministro eléctrico.
- Señalización de alarmas y averías, si ha lugar.
- Seguimiento y monitorización de la evolución de la instalación desde el puesto central de control en sistemas centralizados.
- Comprobación de la actuación de funciones accesorias, tales como calentamiento rápido del edificio, cicleado de equipos, generación de históricos, etc.

En cualquier caso, hay que aceptar que los sistemas de regulación y control necesitan un prolongado período para su puesta a punto, tanto mayor cuanto más compleja es la instalación de climatización, pues su ajuste fino debe realizarse a partir de la información que se obtenga de la evolución de las condiciones de confort con el edificio en servicio.

g) Temperaturas ambiente

La medida de temperatura ambiente en las distintas estancias de los edificios resulta de gran utilidad para poner de manifiesto desequilibrios cuyo origen puede encontrarse en defectos de diseño, de ejecución, o de puesta a punto de la instalación (mal equilibrado de redes, desajuste de equipos, mal funcionamiento de la regulación). Una vez detectados habría que discernir entre las causas posibles y actuar en consecuencia.

Moreover, the room temperature should be measured in various areas of a given room to check for both vertical (stratification) and horizontal uniformity, with the heating and subsequently the HVAC systems on. The intention, in short, is to ascertain whether the air inside the room circulates as it should.

h) Noise levels

It is easy to measure the noise occasioned by HVAC installations with a sound level meter, providing noise from other sources can be filtered out. The noise ceilings are defined in the Heating, Air conditioning and Hot Water Facilities Code currently in effect.

i) Motor protectors

The strength of the electric current consumed by the motors that drive pumps, fans, etc. should be measured in the least favourable conditions, in order to ensure they are not prone to overloads. Thermal overload relays should likewise be checked to ensure they have been properly adjusted to each motor's rated capacity.

BIBLIOGRAPHY

- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA "Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Complementarias".
- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA "Normas Básicas para Instalaciones Interiores de Suministro de Agua".
- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA Y MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES "Reglamento e Instrucciones Técnicas de las Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria".
- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA "Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación".
- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA "Reglamento de Verificaciones Eléctricas".
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES "Norma Básica de la Edificación: Condiciones de Protección Contra Incendios en los Edificios". (NBE-CPI-96).
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES "Norma Básica de la Edificación: Condiciones Térmicas en los Edificios" (NBE-CT-79).
- SMACNA "HVAC Systems: Testing, Adjusting and Balancing". Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association, Inc (SMACNA), U.S.A, 1984.
- AMCA "Field Performance Measurement of Fan Systems". Air Movement and Control Association, Inc. (AMCA). Publication 203-90, U.S.A.
- ASHRAE "Guideline for Commissioning of HVAC Systems". American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE). ASHRAE Guideline 1-1989. U.S.A.
- ANSI/ASHRAE "Practices for Measurement, Testing, Adjusting and Balancing of Building Heating, Ventilation, Air-Conditioning and Refrigeration Systems". American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE). ANSI/ASHRAE 111-1988, U.S.A.
- WATTS, J.W. The Supervision of Installations, Londres, 1982.
- CORREDERA LÓPEZ, L. y HERNÁNDEZ DEL OLMO, V. Control de Calidad en las Instalaciones de Fontanería y Desagües, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid, Abril 1986.
- CORREDERA LÓPEZ, L. y HERNÁNDEZ DEL OLMO, V. Control de Calidad en las Instalaciones de Climatización, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid, Agosto 1989.
- CORREDERA LÓPEZ, L. y JIMÉNEZ GUERRERO, F. Control de Calidad en las Instalaciones Eléctricas en los Edificios, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid, Septiembre 1986.
- INSTITUT DE TECNOLOGIÀ DE LA CONSTRUCCIÓ DE CATALUNYA Control de Calidad en la Edificación, Consejo General de Colegios Oficiales de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, 1.990.
- MANAS, V.T. National Plumbing Code Handbook. Standards and Design Information, McGraw-Hill Book Company, USA.
- "Normas VDE 0100 de Protección Eléctrica". Schneider, K., Hörnig. Marcombo Boixareu Editores, Barcelona, 1976.
- DIN 5035 (Part 6) "Artificial lighting. Measurement and evaluation", Diciembre 1990.
- Normas UNE
 - UNE 100-010 (partes 1, 2 y 3). "Climatización Pruebas de ajuste y equilibrado".
 - UNE 100-104. "Climatización. Conductos de chapa metálica. Pruebas de recepción".
 - UNE 100-151. "Climatización. Pruebas de estanquidad en redes de tuberías".
 - UNE 100-705. "Climatización. Medición del caudal de aire en rejillas o difusores. Método de compensación de la presión".
 - UNE 20-383. "Interruptores automáticos diferenciales por intensidad de defecto a tierra para usos domésticos y usos generales análogos".
 - UNE 20-460 (parte 6). "Instalaciones eléctricas en edificios. Verificación inicial (previa a la puesta en servicio)".

Por otro lado, es importante medir temperaturas ambiente en varios puntos de una misma estancia para comprobar el grado de homogeneidad tanto vertical (estratificación) como horizontal, en régimen de calefacción y de refrigeración. En definitiva se trata de verificar que el aire se mueve adecuadamente en el interior de la estancia.

h) Niveles de ruido

Con la ayuda de un sonómetro es fácil medir los niveles de ruido producidos por la instalación de climatización, siempre que exista la certeza de que no hay influencia de otros focos sonoros. Los límites admitidos se encuentran definidos en el vigente Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria.

i) Protecciones de los motores

Debe medirse la intensidad de la corriente eléctrica consumida por los motores que accionan bombas ventiladores, etc. en las condiciones más desfavorables, con el propósito de comprobar que no se encuentran sobrecargados. Asimismo debe analizarse si el ajuste de los relés térmicos de protección se ha realizado correctamente en función de la capacidad nominal de cada motor.

BIBLIOGRAFIA

- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA "Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Complementarias".
- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA "Normas Básicas para Instalaciones Interiores de Suministro de Agua".
- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA Y MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES "Reglamento e Instrucciones Técnicas de las Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria".
- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA "Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación".
- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA "Reglamento de Verificaciones Eléctricas".
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES "Norma Básica de la Edificación: Condiciones de Protección Contra Incendios en los Edificios". (NBE-CPI-96).
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES "Norma Básica de la Edificación: Condiciones Térmicas en los Edificios" (NBE-CT-79).
- SMACNA "HVAC Systems: Testing, Adjusting and Balancing". Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association, Inc (SMACNA), U.S.A, 1984.
- AMCA "Field Performance Measurement of Fan Systems". Air Movement and Control Association, Inc. (AMCA). Publication 203-90, U.S.A.
- ASHRAE "Guideline for Commissioning of HVAC Systems". American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE). ASHRAE Guideline 1-1989. U.S.A.
- ANSI/ASHRAE "Practices for Measurement, Testing, Adjusting and Balancing of Building Heating, Ventilation, Air-Conditioning and Refrigeration Systems". American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE). ANSI/ASHRAE 111-1988, U.S.A.
- WATTS, J.W. The Supervision of Installations, Londres, 1982.
- CORREDERA LÓPEZ, L. y HERNÁNDEZ DEL OLMO, V. Control de Calidad en las Instalaciones de Fontanería y Desagües, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid, Abril 1986.
- CORREDERA LÓPEZ, L. y HERNÁNDEZ DEL OLMO, V. Control de Calidad en las Instalaciones de Climatización, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid, Agosto 1989.
- CORREDERA LÓPEZ, L. y JIMÉNEZ GUERRERO, F. Control de Calidad en las Instalaciones Eléctricas en los Edificios, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid, Septiembre 1986.
- INSTITUT DE TECNOLOGIÀ DE LA CONSTRUCCIÓ DE CATALUNYA Control de Calidad en la Edificación, Consejo General de Colegios Oficiales de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, 1.990.
- MANAS, V.T. National Plumbing Code Handbook. Standards and Design Information, McGraw-Hill Book Company, USA.
- "Normas VDE 0100 de Protección Eléctrica". Schneider, K., Hörnig. Marcombo Boixareu Editores, Barcelona, 1976.
- DIN 5035 (Part 6) "Artificial lighting. Measurement and evaluation", Diciembre 1990.
- Normas UNE
 - UNE 100-010 (partes 1, 2 y 3). "Climatización Pruebas de ajuste y equilibrado".
 - UNE 100-104. "Climatización. Conductos de chapa metálica. Pruebas de recepción".
 - UNE 100-151. "Climatización. Pruebas de estanquidad en redes de tuberías".
 - UNE 100-705. "Climatización. Medición del caudal de aire en rejillas o difusores. Método de compensación de la presión".
 - UNE 20-383. "Interruptores automáticos diferenciales por intensidad de defecto a tierra para usos domésticos y usos generales análogos".
 - UNE 20-460 (parte 6). "Instalaciones eléctricas en edificios. Verificación inicial (previa a la puesta en servicio)".

Relación de Personal Titulado de INTEMAC

Arquitectos

Jalvo García, Jaime
Luzón Cánovas, José M^a

Ingenieros de Caminos

Acón Robleda, Miguel Angel
Calavera Ruiz, José
Calderón Apolo, Juan Carlos
Cortés Bretón, Juan María
Corral Folgado, Claudio
Cuesta Martín, José Ignacio
Díaz Lozano, Justo
Fernández Gómez, Jaime Antonio
González González, Juan José
González Valle, Enrique
Hostalet Alba, Francisco
Izquierdo Bernaldo de Quirós, José M^a
Jordán de Urríes de la Riva, Jorge
Ley Urzaiz, Jorge
Penón Molins, Eduardo
Rodríguez Escribano, Raul Rubén
Sanz Pérez, Lorenzo
Sirvent Sirvent, Enrique
Tapia Menéndez, José
Torre Cobo, María del Carmen

Ingeniero I.C.A.I.

Marín Estévez, Gonzalo

Ingenieros Industriales

Alvarez Cabal, Ramón Amado
Arroyo Arroyo, José Ramón
Bueno Bueno, Jorge
Durán Boldova, José Miguel
Santos Olalla, Francisco
Valenciano Carles, Federico

Ingeniero de Telecomunicación

San José Arribas, José

Licenciados en Ciencias Geológicas

Blanco Zorroza, Alberto
Massana Milá, Joan

Licenciados en Ciencias Químicas

Grandes Velasco, Sylvia María
López Sánchez, Pedro
Morgado Sánchez, José Carlos

Licenciada en Geografía e Historia

Calavera Vayá, Ana María

Arquitectos Técnicos

Cervera García, Eduardo
Custodio Sánchez, José M^a
Díez García, Francisco Javier
Fuente Rivera, Jesús de la
Miranda Valdés, Javier
Montejano Jiménez, María del Carmen
Muñoz Mesto, Angel
Riera Climent, María del Mar

Ingenieros Técnicos Industriales

Díaz-Trechuelo Laffón, Antonio
González Carmona, Manuel
Madueño Moraño, Antonio
Sánchez Orgaz, Miguel Angel

Ingenieros Técnicos Obras Públicas

Aranda Cabezas, Lluís
Carrero Crespo, Rafael
Esteban García, Juan José
Galán de Cáceres, M^a del Puerto
González Isabel, Germán
González Nuño, Luis
Mata Soriano, Juan Carlos
Montiel Sánchez, Ernesto
Muñoz Mesto, Angel
Rosa Moreno, José Andrés
Rozas Hernando, José Juan
Sánchez Vicente, Andrés

Ingenieros Técnicos Topógrafos

Carreras Ruiz, Francisco
Jiménez Pérez, José M^a
Molero Vicente, M^a Isabel

Profesores Mercantiles

González Alvarez, Vicente
Sampetro Portas, Arturo

Técnico en Administración de Empresas

González del Olmo, M^a de la Peña de F.

Técnico en Informática

García Rodríguez, Juan Tomás

Técnico en Publicidad

Blanco Armas, Cristina

Topógrafo

Alquézar Falceto, Ricardo

CUADERNOS INTEMAC

CUADERNOS INTEMAC es una publicación trimestral, bilingüe en español e inglés, en forma de monografías que recogen trabajos realizados por los técnicos del Instituto o presentados en los Cursos y Conferencias organizados por el mismo.

Los temas tratados cubren tanto el campo de las Obras Públicas como el de la Edificación y sus Instalaciones.

• Tarifa de suscripción anual 2.800 ptas.



ULTIMOS TITULOS PUBLICADOS

Cuaderno N° 26

“Evaluación de la aplicación del método de los pórticos virtuales al cálculo de la flecha instantánea y diferida en forjados sin vigas”.

Autores: Prof. José CALAVERA RUIZ.

Dr. Ing. de Caminos.
Luis GARCÍA DUTARI.
Dr. Ing. de Caminos.

Cuaderno N° 27

“Comprobaciones finales de funcionamiento de instalaciones de en la edificación”.

Autores: Gonzalo MARÍN ESTÉVEZ.

Ingeniero I.C.A.I.
Prof. Federico VALENCIANO CARLES.
Ingeniero Industrial.

CUADERNOS DE PROXIMA APARICION

Cuaderno N° 28

“Análisis de la acción del viento en los edificios”.

Autores: José Ramón ARROYO ARROYO.

Ing. Industrial.

Juan José BENTO MUÑOZ.

Dr. Ing. Industrial.

Prof. Ramón ALVAREZ CABAL.

Dr. Ing. Industrial.

Cuaderno N° 29

“Pavimentos de hormigón para usos especiales”.

Autor: Juan María CORTÉS BRETÓN.

Dr. Ing. de Caminos.

VIDEOS TECNICOS

INTEMAC, dentro de sus actividades en el campo de la formación, ha iniciado la edición de una serie de VIDEOS TECNICOS, analizando distintos campos de la construcción.



SERIE OBRAS DE HORMIGON EN MASA, ARMADO Y PRETENSADO.

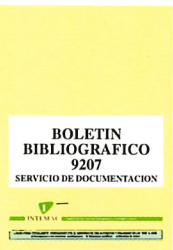
REFERENCIA	TITULO	CONTENIDO	DURACION	PRECIO
N° 8801 (1)	FABRICACION Y ENSAYO DE PROBETAS DE HORMIGON	Contempla, de forma completa y detallada, el proceso de toma de muestras de hormigón fresco en obra, medida de consistencia con el cono de Abrams, fabricación de probetas, curado en obra, transporte al laboratorio, curado en cámara, reftrentado y ensayo a compresión.	27 min.	80.000 ptas* IVA INCLUIDO

EN PREPARACION

REFERENCIA	TITULO	REFERENCIA	TITULO
N° 8802 (2)	MUESTREO Y ENSAYO DE ARMADURAS DE HORMIGON ARMADO Y PRETENSADO	N° 9002 (6)	EJECUCION DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON (II)
N° 8901 (3)	PIEZAS DE HORMIGON ARMADO SOMETIDAS A FLEXION SIMPLE...	N° 9101 (7)	PIEZAS DE HORMIGON ARMADO SOMETIDAS A ESFUERZO CORTANTE
N° 8902 (4)	PIEZAS DE HORMIGON ARMADO SOMETIDAS A COMPRESION	N° 9102 (8)	PIEZAS DE HORMIGON PRETENSADO SOMETIDAS A FLEXION SIMPLE
N° 9001 (5)	EJECUCION DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON (I)		

* PRECIO para entregas dentro del territorio español

BOLETIN BIBLIOGRAFICO

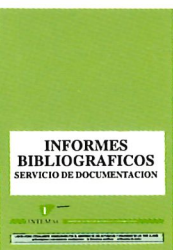


INTEMAC viene realizando desde su fundación un BOLETIN BIBLIOGRAFICO para uso interno, que ofrece, en una lectura rápida, un panorama general de todas las publicaciones técnicas disponibles. Desde 1991, esta publicación bimestral, ha sido puesta a disposición del público.

El BOLETIN BIBLIOGRAFICO incluye:

- Fotocopia del índice y de los resúmenes de los artículos contenidos en las 105 revistas técnicas que se reciben en el Instituto referentes a los campos de la Edificación, Instalaciones, Obras Públicas y Urbanismo.
 - Una sección de Normativa reciente, nacional y extranjera.
 - Secciones de Bibliografía y Cursos.
 - Una sección de Congresos, Reuniones Técnicas y Ferias de próxima celebración en todo el mundo.
- Tarifa de suscripción anual (6 números) 18.000 ptas.

CONSULTAS E INFORMES BIBLIOGRAFICOS



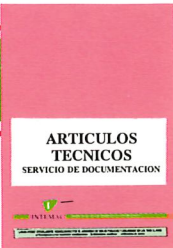
EL INSTITUTO tiene un SERVICIO DE DOCUMENTACION, que pone a su disposición y que le puede informar sobre cualquier tema relacionado con la Edificación, Instalaciones, Obra Civil y Urbanismo. Se efectúan CONSULTAS BIBLIOGRAFICAS sobre cualquiera de los temas indicados anteriormente, de acuerdo con las siguientes tarifas:

Apertura de expediente	2000 ptas.
Cantidad a abonar por referencia60 ptas.
Cantidad a abonar por hoja de fotocopia de documento25 ptas

Además de la Consulta Bibliográfica correspondiente, el INFORME BIBLIOGRAFICO contiene un breve documento redactado por un especialista en el tema, miembro de INTEMAC, con una serie de recomendaciones sobre la Bibliografía básica, así como los comentarios correspondientes.

Tarifa correspondiente al Informe Bibliográfico: 15.000 ptas. más la tarifa de la consulta.

ARTICULOS TECNICOS

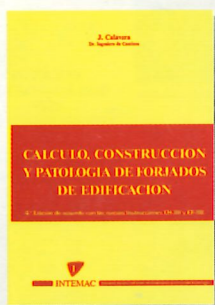


INTEMAC dispone de una amplia serie de trabajos publicados por nuestros técnicos en diferentes revistas. A continuación incluimos la lista de los últimos. Si está Vd. interesado, solicite relación completa de títulos.

- INFLUENCIA DE LA RUGOSIDAD Y LA CUANTÍA DE COSIDO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PIEZAS COMPUESTAS SOLICITADAS A FLEXIÓN
Enrique González Valle; Jaime Gálvez Ruiz; Luis García Dutari; Ramón Álvarez Caval.
- EL HORMIGON DE ALTA RESISTENCIA (HSC): LAS CARACTERÍSTICAS QUE CONDICIONAN EL CALCULO ESTRUCTURAL. Enrique González Valle.
- LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE INFORMACIÓN EN LAS OBRAS. Adolfo Delibes Liniers.
- INVESTIGACIÓN SOBRE REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO DAÑADAS POR CORROSIÓN DE ARMADURAS. Adolfo Delibes Liniers; Jaime Fernández Gómez.
- HORMIGONADO EN CONDICIONES METEOROLÓGICAS ADVERSAS: ESTUDIO DE LOS ACCIDENTES OCURRIDOS DURANTE EL HORMIGONADO DE UN TABLERO POSTENSADO.
Adolfo Delibes Liniers; Jaime Fernández Gómez; Miguel Ángel Acón Robleña.
- LA INFLUENCIA DEL DIAGRAMA TENSIÓN DEFORMACIÓN EN EL CÁLCULO A FLEXIÓN DE SECCIONES REALIZADAS CON HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA.
Enrique González Valle; José M^o Izquierdo; Bernaldo de Quirós.
- EFFECTOS DINÁMICOS EN PUENTES. VARIACION DEL COEFICIENTE DE IMPACTO.
Enrique López del Hierro Fernández; Juan José Benito Muñoz; Javier Gallego Valarde; Ramón Álvarez Cabal.
- CUBIERTAS METÁLICAS DE GRAN LUZ. Mercedes Gómez Álvarez; Justo Díaz Lozano; Ramón Álvarez Cabal.
- LA INSPECCIÓN Y ENSAYO. ORGANIZACIONES DE CONTROL DE CALIDAD Y LABORATORIOS.
José Calavera Ruiz.

P.V.P. 400 ptas./ ejemplar.

AGOTADO



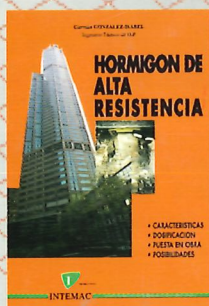
CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN Y PATOLOGÍA DE FORJADOS DE EDIFICACIÓN

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

4ª Edición (1988)

- 678 páginas
- Encuadernación en gualflex

Precio: 7.900 Pta.



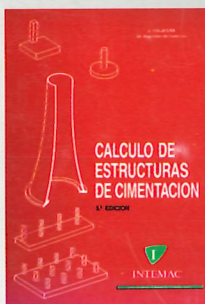
HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA (1993)

G. GONZÁLEZ-ISABEL
(Ingeniero Técnico de O. P.)

- 316 páginas
- Encuadernación en gualflex

Precio: 6.500 Pta.

AGOTADO



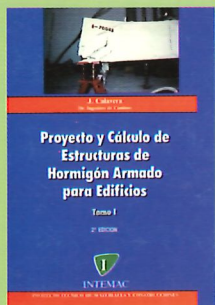
CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE CIMENTACIÓN

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

3ª Edición (1991)

- 418 páginas

Precio: 8.000 Pta.

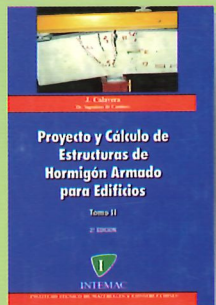


PROYECTO Y CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO PARA EDIFICIOS (TOMO I)

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

2ª Edición (1991)

- Tomo I - Cálculo de esfuerzos
- 568 páginas
- Encuadernación en gualflex



PROYECTO Y CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO PARA EDIFICIOS (TOMO II)

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

2ª Edición (1991)

- Tomo II - Dimensionamiento y detalles constructivos
- 871 páginas
- Encuadernación en gualflex

Precio obra completa: 17.500 Pta.



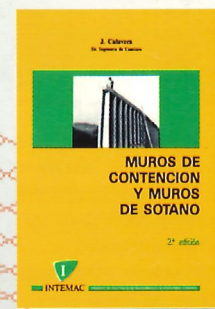
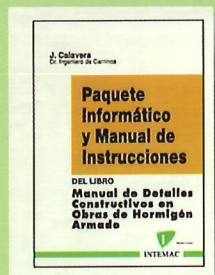
MANUAL DE DETALLES CONSTRUCTIVOS EN OBRAS DE HORMIGÓN ARMADO (1993)

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

- 506 páginas, tamaño UNE A-4 • 210 detalles constructivos • 210 páginas de comentarios y recomendaciones • Encuadernación en gualflex

Precio: - Libro: 16.000 Pta. - Paquete informático: 30.000 Pta. (Manual de Instrucciones y Disquetes)

El libro y el programa se venden por separado



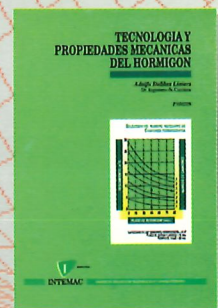
MUROS DE CONTENCIÓN Y MUROS DE SÓTANO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

2ª Edición (1989)

- 307 páginas
- Encuadernación en gualflex

Precio: 7.000 Pta.



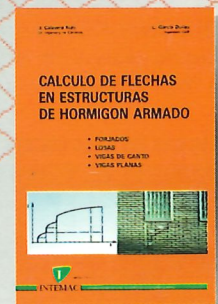
TECNOLOGÍA Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN

A. DELIBES (Dr. Ingeniero de Caminos)

2ª Edición (1993)

- 396 páginas
- Encuadernación en gualflex

Precio: 7.500 Pta.



CÁLCULO DE FLECHAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO (1992)

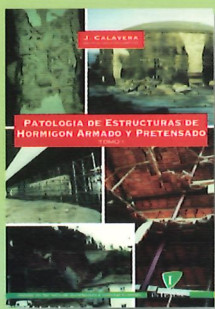
J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

L. GARCÍA DUTARI (Ingeniero Civil)

• 336 páginas

- 312 tablas de comprobación de Forjados, Losas, Vigas de Canto y Vigas Planas
- Un disquete conteniendo tres programas informáticos de Cálculo de Flechas, para secciones de forma cualquiera
- Encuadernación en gualflex

Precio: 7.400 Pta. (Libro más paquete Informático)



PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO Y PRETENSADO (1995)

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

- Tomo I - Capítulos 1 a 12 • Tomo II - Atlas de fisuras - Ábacos de cálculo
- 680 páginas • 231 fotografías • 258 figuras • 118 referencias bibliográficas
- Encuadernación en gualflex

Precio de la obra completa: 16.000 Pta.

