



---

**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

TRABAJO FIN DE MASTER

# **Estudio de la optimización energética de los sistemas de climatización del HURH**

Máster en Energía: Generación, Gestión y Uso Eficiente

- Junio 2014 -

**Autor**

Daniel Díez Soto

**Tutor**

Julio Francisco San José Alonso



## AGRADECIMIENTOS

*A mi familia, por la confianza y el apoyo recibidos siempre.*

*A Eloy Velasco, por su cercanía durante estos dos años de máster.*

*A Julio San José, tutor del trabajo, por la oportunidad de realizarlo, el seguimiento y los consejos.*

*A Fernando Espí, por su disposición y enseñanza. Así como a William, Luis Martín, y el personal de mantenimiento del Hospital Universitario Río Hortega.*

*A mis compañeros y amigos que me han acompañado durante este tiempo en la Universidad de Valladolid.*

*Gracias*



# INDICE

INDICE.....	5
1. ANTECEDENTES.....	9
2. OBJETIVOS.....	11
3. NORMATIVA Y DIRECTRICES APLICABLES .....	13
RITE (Reglamento de las Instalaciones Térmicas en Edificios).....	13
UNE 100713:2005 - Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales .....	13
UNE-EN ISO 14644 – Salas limpias y locales anexos controlados .....	13
Sacyl. Directriz para la climatización y ventilación de bloques quirúrgicos. 2007 .....	14
Sacyl. Directriz para la climatización y ventilación de centros de salud.....	14
Sacyl. Directriz para la climatización y ventilación de habitaciones de hospitalización.....	15
4. PLANTEAMIENTO.....	17
Organigrama temporal .....	22
5. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN .....	23
5.1 Unidades de Tratamiento de Aire .....	23
5.1.1 Componentes que utilizan .....	24
5.1.2 Tipología .....	27
5.1.3 Control de funcionamiento .....	31
5.1.4 Situación.....	32
5.2 Otros sistemas de climatización del Hospital.....	33
6. EQUIPOS DE MEDIDA.....	38
6.1 Fijos.....	38
6.2 Portátiles.....	39
7. OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN.....	47
7.1 Recopilación de información .....	48

7.1.1 Revisión de los manuales de proyecto de ejecución de obra .....	48
7.1.2 Recogida de datos.....	48
7.2 Realización de la Base de Datos.....	49
7.3 Implementación de la Hoja de Cálculo .....	56
Descripción .....	56
Elaboración.....	57
Tablas de cálculo .....	58
Utilización .....	60
7.4 Medidas de campo .....	64
7.4.1 UTA 24 .....	64
7.4.2 UTA 175.....	75
7.4.3 UTA 174 .....	79
7.4.4 UTA 55. Caso particular .....	82
7.5 Análisis.....	83
7.5.1 Procedimiento general de análisis .....	84
7.5.2 Análisis de las Curvas de la Instalación .....	84
7.5.3 Fuentes de error conocidas .....	91
7.6 Acciones .....	92
Escenario 1: UTA individual .....	92
Escenario 2: Reducción del caudal al de diseño y cambio de motores .....	93
Escenario 3: Reducción del caudal por aumento de la T de impulsión y cambio de motores .....	94
8. EVALUACIONES.....	99
8.1 Evaluación económica .....	99
8.1.1 Tarifa eléctrica .....	99
8.1.2 Escenarios.....	100
8.2 Evaluación ambiental .....	107
Escenario 1 .....	108

Escenario 2 .....	108
Escenario 3 .....	108
9. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS.....	109
10. BIBLIOGRAFÍA .....	113
ANEXO 1. Tablas de la Base de Datos .....	115
ANEXO 2. La tarifa Eléctrica .....	133
ANEXO 3. Catálogos de motores y poleas .....	137





# 1. ANTECEDENTES

El presente Trabajo Fin de Máster forma parte del Plan de Estudios del *Máster de Energía: Generación, Gestión y Uso Eficiente* que se imparte en la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid.

Se ha realizado en un periodo de prácticas en el Departamento de Control y Mantenimiento de Instalaciones del Hospital Universitario Río Hortega (en adelante HURH). Durante este periodo se ha colaborado en el estudio del funcionamiento de los sistemas de climatización y participado en la constante mejora de la eficiencia energética de las instalaciones.

El HURH es un hospital público inaugurado en 2009 integrado dentro de la Red Asistencial de la Gerencia Regional de Salud de Castilla y León (SACyL). El edificio consta de 140.000 m<sup>2</sup> de parcela con 115.354 m<sup>2</sup> construidos, con un número aproximado de 600 camas y donde trabajan alrededor de 3000 personas, siendo responsable de la atención sanitaria de los ciudadanos residentes en el área oeste de la ciudad de Valladolid.

Este trabajo se origina por los siguientes motivos:

- Se sospecha que los sistemas de climatización con Unidades de Tratamiento de Aire están trabajando en condiciones que difieren mucho de las condiciones de diseño, lo que representa un gasto innecesario.
- Se sospecha que hay motores eléctricos de ventiladores muy sobredimensionados, que trabajan lejos del punto de máximo rendimiento.
- Se desea resolver el problema de la alta velocidad de salida de aire que se ha observado en algunos difusores, principalmente en zonas de pasillo, que resulta molesta para el personal y los pacientes del centro.
- Se desean resolver los problemas de ruidos procedentes de los sistemas de climatización, que en algunos casos son desproporcionados. Por ejemplo en una sala dedicada a reuniones es necesario apagar la ventilación para desarrollar la reunión.

Por tratarse de un hospital, cada medida a adoptar tiene en cuenta el siguiente orden de prioridad:

Seguridad

Disponibilidad

Confort

Eficiencia y ahorro económico

## 2. OBJETIVOS

El objetivo de este TFM es la *disminución del consumo eléctrico de las Unidades de Tratamiento de Aire*, lo que significa un aumento de la eficiencia energética y un ahorro económico.

Para alcanzar dicho objetivo se realizaron las siguientes actividades:

- Estudiar y aprender el funcionamiento general y particular de los sistemas, su tipología y características. Mediante visitas a la instalación.
- Recopilar la información del proyecto de ejecución de la obra y los manuales de los diferentes equipos que forman la instalación.
- Estudiar y aprender el uso de los diferentes equipos de medida.
- Medir los consumos eléctricos, las velocidades del aire, las secciones de paso y el caudal en tres UTAs elegidas en primer lugar, para experimentar las distintas acciones sobre el ajuste de los caudales.
- Desarrollar una base de datos informática para incluir los datos de equipos instalados y las condiciones de funcionamiento reales.
- Desarrollar una hoja de cálculo para automatizar los cálculos necesarios para analizar los datos recogidos.
- Analizar el funcionamiento de los sistemas de climatización: lo que difieren del caudal de diseño y el sobredimensionamiento de motores.

- Proponer acciones para ajustar los caudales a los valores de funcionamiento de diseño o valores nuevos más adecuados: cambio de relación de transmisión del conjunto motor-ventilador, cambio de motor, cambio de ventilador, etc.
- Evaluar la eficacia de los intercambiadores y considerar un reajuste de los caudales para obtener ahorro energético.
- Analizar y resolver incidencias puntuales.
- Calcular el ahorro económico en gasto eléctrico para el hospital.
- Calcular el ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub> ligadas al gasto energético.

### **3. NORMATIVA Y DIRECTRICES APLICABLES**

#### **RITE (Reglamento de las Instalaciones Térmicas en Edificios)**

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, en el sector terciario, para conseguir un uso racional de la energía (Definición del IDAE).

Este reglamento está ordenado en dos partes: las *disposiciones generales*, que contienen las condiciones generales de aplicación exigencias de bienestar e higiene, eficiencia energética y seguridad; y las *Instrucciones técnicas*, que contienen la caracterización de las exigencias técnicas y su cuantificación, con arreglo al desarrollo actual de la técnica.

#### **UNE 100713:2005 - Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales**

Normativa específica para las instalaciones de climatización en hospitales. Se define la figura del *higienista* (profesional sanitario cualificado) que asesora durante las fases de proyecto y ejecución de las obras.

Destaca una tabla donde figuran las exigencias de climatización según la zona concreta del hospital: clase de local, caudal, temperatura mínima y máxima, humedad relativa y ruido.

#### **UNE-EN ISO 14644 – Salas limpias y locales anexos controlados**

Se especifican los requisitos para los ensayos periódicos de una sala limpia o zona limpia para probar su cumplimiento continuo según la clasificación designada de limpieza de partículas del aire ambiente.

- UNE-EN ISO 14644-2:2000: Especificaciones de prueba y control para demostrar el continuo cumplimiento de la norma ISO 14644-1
- UNE-EN ISO 14644-3:2005: Metrología y métodos de pruebas
- UNE-EN ISO 14644-4:2001: Diseño, construcción y puesta en servicio
- UNE-EN ISO 14644-5:2004: Funcionamiento
- UNE-EN ISO 14644-6:2008: Vocabulario
- UNE-EN ISO 14644-7:2004: Dispositivos de separación (campanas de aire limpio, cajas de guantes, aisladores, minientornos)
- UNE-EN ISO 14644-8:2006: Clasificación de la contaminación molecular transportada por el aire
- UNE-EN ISO 14644-9:2012: Clasificación de la limpieza de superficies mediante la concentración de partículas

## **Sacyl. Directriz para la climatización y ventilación de bloques quirúrgicos. 2007**

Esta directriz trata los sistemas de climatización y ventilación del bloque quirúrgico con la finalidad de minimizar la transferencia aérea de gérmenes de las salas menos limpias a las más limpias y mantener la calidad del aire y las condiciones de temperatura y humedad dentro de los niveles aceptables, garantizando a la vez que los propios sistemas de climatización no sean una fuente de contaminación e infecciones. Tiene por objeto definir dichas condiciones para quirófanos y bloques quirúrgicos de los hospitales de Castilla y León.

## **Sacyl. Directriz para la climatización y ventilación de centros de salud**

Esta directriz tiene por objeto definir los criterios de diseño, las pruebas de puesta en marcha y recepción, así como la documentación que debe contener el proyecto de los sistemas de calefacción y refrigeración y ventilación para los centros de salud de Castilla y León.

## **Sacyl. Directriz para la climatización y ventilación de habitaciones de hospitalización**

Desde el punto de vista de la climatización y ventilación, las habitaciones de hospitalización se dividen en tres tipos: habitaciones de hospitalización ordinarias, habitaciones de hospitalización de inmunodeprimidos y habitaciones de hospitalización aislados infecciosos. Por ello se encuentran redactadas tres directrices para cada tipo de habitación.





## 4. PLANTEAMIENTO

El trabajo desarrollado se ha ordenado en sucesivas tareas, secuenciadas en el tiempo, que se presentan a continuación:

- ✓ Estudio y aprendizaje del funcionamiento de las instalaciones

La primera tarea fue la **visita a las instalaciones** de climatización del hospital, la familiarización con los distintos elementos de una Unidad de Tratamiento de Aire, el mantenimiento que es llevado a cabo y la magnitud de las instalaciones. Se visitaron también la central térmica y las unidades enfriadoras.

Se dedicó un tiempo a **aprender** con mayor profundidad conceptos sobre climatización, las tecnologías disponibles, los métodos de dimensionado, etc.

- ✓ Estudio de proyectos de ejecución de la obra y manuales de instalaciones

La segunda tarea consistió en el estudio del **proyecto de ejecución de obra de las instalaciones** de climatización, se estudió un manual de estos sistemas y se revisaron los métodos de dimensionado utilizados.

Por otro lado estudiaron y aprendieron conceptos sobre motores eléctricos y se aprendió a utilizar los **catálogos** de los fabricantes suministradores. Igualmente con los ventiladores centrífugos.

- ✓ Estudio y aprendizaje del uso de equipos de medida

En tercer lugar, se dedicó tiempo a **aprender a utilizar** los distintos aparatos de medida que se han descrito previamente. Debido a que era necesario conocer las condiciones reales de funcionamiento de los equipos, era muy importante saber tomar buenas mediciones con los aparatos que se disponían.

Por un lado se aprendió a utilizar el **Analizador de Redes**. Se consideró fundamental su uso para conocer cuál es el consumo eléctrico real de los sistemas. Para ello se estudió el manual del equipo y se realizaron medidas de prueba en armarios eléctricos. Se compararon dichas medidas con las de otro analizador para comprobar la fiabilidad.

Por otro lado, se aprendió el funcionamiento del **sistema de control SCADA** que está implementado: los datos que recoge y son visibles en el ordenador, el sistema de comunicaciones, el sistema de alarmas de mantenimiento y de mal funcionamiento.

Además, los operarios de mantenimiento realizaron una **recogida de medidas y datos** de placa de los equipos instalados que se proporcionaron para su análisis y comparación con los datos de proyecto.

✓ Elaboración de una base de datos

La cuarta etapa fue la elaboración de una base de datos en Excel con los datos recogidos y cálculos realizados de las 59 UTAs con freecooling (de pasillo) del hospital. Así, se van apuntando las observaciones realizadas en cada una y se puede consultar rápidamente en la tabla datos el funcionamiento real.

Dicha base de datos ha ido evolucionando y creciendo continuamente según las necesidades a medida que se analizaban los sistemas.

✓ Elaboración de una hoja de cálculo

La quinta etapa fue el desarrollo de una hoja de cálculo en Excel relativa a los motores eléctricos. A partir de los datos extraídos de los catálogos de los fabricantes de los motores presentes en el hospital se pueden realizar diferentes cálculos.

Su uso principal es **obtener la potencia absorbida** por el motor y la absorbida por el ventilador introduciendo las intensidades de línea medidas, la potencia nominal del motor, su fabricante y el tipo de ventilador. La potencia absorbida por el ventilador es la que se ha de usar para entrar en la gráfica del ventilador correspondiente a encontrar el punto de funcionamiento.

Por otro lado, la potencia absorbida por el motor da una idea del grado de carga con el que trabaja y las opciones de redimensionamiento del mismo.

Esta aplicación resulta de mucha utilidad para el personal de ingeniería y mantenimiento del hospital, consiguiendo ahorros de tiempo.

Asimismo, la hoja de cálculo fue enriqueciéndose continuamente con secciones que facilitaban algunos cálculos repetitivos.

#### ✓ Medidas de campo

La sexta tarea fue la fase de medidas de campo y de ir comprobando la efectividad de ciertas actuaciones. Se eligió comenzar por las UTAs 24, 175 y 174. Se trata de UTAs con freecooling, que tienen dos grupos motor-ventilador y abastecen zonas de pasillo.

En primer lugar, se acudió con el analizador de redes a anotar los **consumos de intensidad** de línea de los motores trifásicos en distintas circunstancias (retorno parado, todo aire exterior, todo aire de recirculación). Estos datos se utilizarán para conocer la potencia absorbida en el eje del ventilador que se puede estimar conociendo los parámetros dados por el fabricante del motor y los del ventilador. Con ella y las revoluciones del ventilador es posible entrar en la gráfica del mismo y hallar el punto de funcionamiento del ventilador (caudal y presión).

Con el fin de contrastar el anterior método de obtener el punto de funcionamiento, se procedió a medir también la diferencia de presión entre la entrada y salida del ventilador con un manómetro digital y así hallar el punto de funcionamiento utilizando presión y velocidad de giro. También se intentó medir el caudal a partir de la velocidad de entrada de aire por las compuertas de aire exterior con un anemómetro.

Este proceso da lugar a una **estimación del caudal** con el que se está trabajando. Comparando dicho caudal con el de diseño aportado por el proyecto de obra se conoce cómo está trabajando la instalación. Por otro lado, también se conoce con qué grado de carga trabaja el motor.

El procedimiento seguido con cada una de estas UTAs se describe con detalle en el epígrafe 7.4.

✓ Análisis de datos

Una vez realizada la base de datos e introducidos los valores reales, se pueden **observar deficiencias de funcionamiento** tales como sobredimensionamiento de motores, sobredimensionamiento de ventiladores, caudales de aire mayores que los necesarios y también se encuentran casos de motores trabajando en sobrecarga o ventiladores funcionando fuera de sus condiciones de uso normal.

Se apuntan estas observaciones con el fin de estudiar y proponer acciones para subsanarlas.

✓ Propuesta de acciones a realizar

Se parte del estudio de las UTAs 24, 175 y 174 donde, para ir subsanando las deficiencias encontradas, se han realizado acciones y posteriormente se ha realizado un seguimiento, que permita comprobar la efectividad de las acciones propuestas.

Así, en los casos en los que el caudal era mayor que el deseado, se ha propuesto un cambio de la **relación de transmisión** en el grupo motor-ventilador para disminuir la velocidad del ventilador. Una vez realizado el cambio, se ha vuelto a medir con el analizador de redes y se ha comprobado la magnitud de la disminución del consumo energético y si, de acuerdo a la gráfica del ventilador, se ha conseguido trabajar con el caudal que se buscaba.

En los casos en los que el **motor se encuentra sobredimensionado** se espera primero a ajustar el caudal si es necesaria su reducción. Después, de acuerdo a la intensidad absorbida por el ventilador para el nuevo caudal se decide sustituir por un motor con la potencia nominal más ajustada y que, por tanto, trabaje con mejor rendimiento.

Se definen **tres escenarios** o grupos de acciones a distintas escalas.

Se plantea y analiza uno de los escenarios en el cual se busque disminuir el caudal de aire pero que éste tenga una temperatura mayor, de esta forma el consumo energético debido al movimiento de aire por los ventiladores disminuiría drásticamente, aunque aumentaría el consumo térmico.

✓ Incidencias puntuales

Se han ido a observar distintos problemas puntuales en zonas de las instalaciones.

Por un lado, existen problemas de ruidos, principalmente en lugares cercanos a donde se sitúan las UTAs, debidos también a altas velocidades de salida de aire y mal diseño de los difusores.

También se da el caso de corrientes de aire en el hall del nivel 0 y otras pequeñas incidencias que ocurrieron durante la estancia.

Por otro lado, se han realizado medidas de las temperaturas de entrada y salida de agua en las **baterías de calor**, del caudal de agua que circula y de la temperatura de entrada y salida de aire recogidas, con el fin de conocer su funcionamiento.

✓ Evaluación económica y ambiental

Por último, se ha realizado un estudio del impacto económico por ahorro de energía e inversión y el ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub> que tendría la aplicación de varios grupos de acciones propuestas. Así, Se han realizado los cálculos para cada uno de los escenarios comentados en la propuesta de medidas.

Todos estos puntos son desarrollados en distintos apartados del presente trabajo.

# Organigrama temporal

Semana	21/10/2013	28/10/2013	04/11/2013	11/11/2013	18/11/2013	25/11/2013	02/12/2013	09/12/2013	16/12/2013
Estudio y aprendizaje de la instalación	█	█	█	█					
Estudio de proyectos y manuales	█	█	█	█					
Estudio y aprendizaje equipos de medida		█	█						
Medidas de campo		█	█	█	█	█	█		
Hoja de cálculo		█	█						
Base de datos				█	█	█	█	█	█
Análisis de datos				█	█	█	█	█	█
Acciones a realizar y seguimiento				█	█	█	█	█	█
Incidencias puntuales		█	█		█	█	█		█

## 5. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN

El edificio objeto de este proyecto es el Hospital Universitario Río Hortega que está dividido en cuanto a las instalaciones en las siguientes zonas:



Figura 1. División en zonas según el programa de Regulación y Control

La estructura de la edificación, como se puede observar, es horizontal de cinco niveles (No, N1, N2, N3 y N4), lo que le confiere gran extensión. Debido a la organización en bloques posee una gran luminosidad natural.

Para la climatización de cada zona se utilizan principalmente Unidades de Tratamiento de Aire (UTAs). Se cumple la doble función de ventilación y acondicionamiento térmico.

Además, en determinadas zonas del hospital es muy importante la sobrepresión o depresión relativa para asegurar el sentido de circulación del aire y la limpieza (por ejemplo en quirófanos).

### 5.1 Unidades de Tratamiento de Aire

La Unidad de Tratamiento de Aire o climatizador es el sistema capaz de suministrar el caudal de aire necesario a través de una red de conductos velando por los tres parámetros fundamentales de su calidad: la limpieza, la temperatura y la humedad relativa.

El hospital cuenta con un total de 196 UTAs que constan generalmente con dos ventiladores cada una. De ellas, 59 UTAs (30%) tienen sistema de freecooling y climatizan las zonas de pasillo.

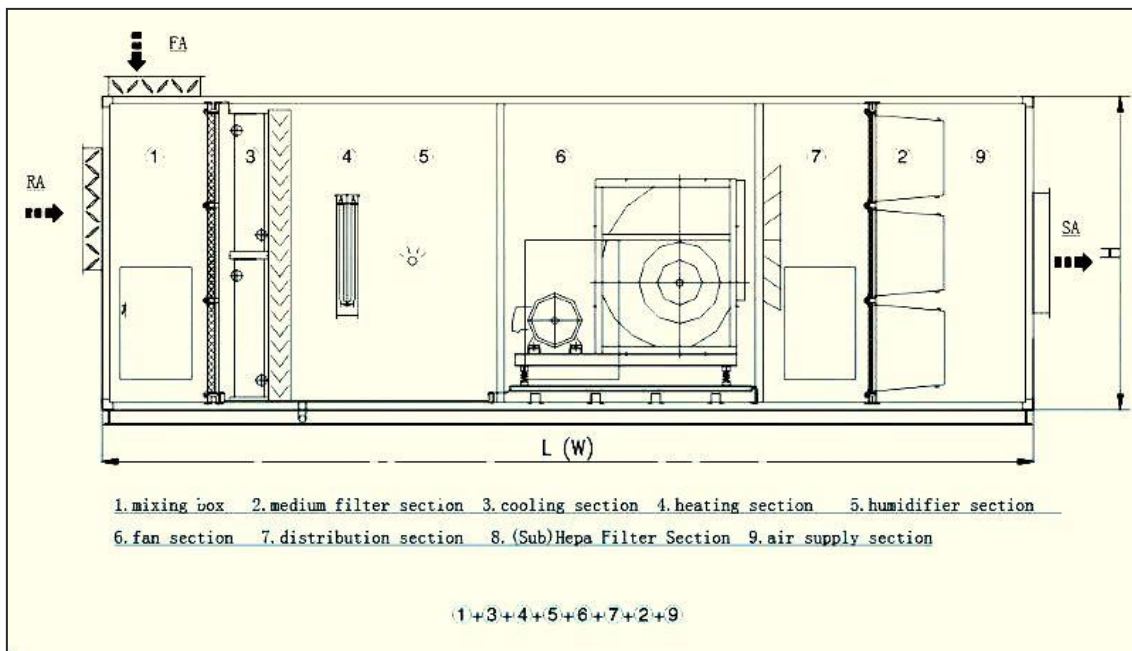


Figura 2. Esquema de climatizador o UTA con un ventilador

### 5.1.1 Componentes que utilizan

A continuación se hace una enumeración y breve explicación de los diferentes elementos relevantes en las UTAs que se estudian.

#### Filtros

Los filtros se encargan de retener las partículas en suspensión mejorando la calidad del aire. Su importancia varía según sean las necesidades del local a climatizar. Por ejemplo, un hospital requiere de una gran calidad, y a su vez, un quirófano tiene una exigencia aún mayor.

En el hospital, de forma general en cada UTA hay:

- Primera etapa de manta filtrante
- Filtro F9 o F7, dependiendo de las necesidades.
- Filtro F6 a la salida de la UTA



Las salas limpias tienen en la última etapa de filtrado un H13 en lugar del F6. Y además, en el difusor de salida hay colocado un H14.



Figura 3. Filtro para UTA

### Conjunto Motor-Ventilador

El ventilador, accionado por un motor eléctrico, es el elemento mecánico que genera la presión necesaria para la circulación de un caudal por el sistema. Se utilizan generalmente, y en este caso, ventiladores centrífugos que aportan mayor presión estática, necesaria para vencer las pérdidas de carga que se dan en el resto de elementos.

Se considera que un ventilador es una máquina hidráulica, que por definición, son aquellas en las que el grado de compresibilidad del fluido con el que trabajan es despreciable. Por ello, se pueden aplicar teorías aplicables a bombas y turbinas hidráulicas como las Leyes de Semejanza.

En el HURH se transmite el movimiento con poleas con correa.



Figura 4. Conjunto motor-ventilador

La puesta en marcha de los ventiladores se realiza con *arranque estrella-triángulo* de forma general, aunque para pequeñas potencias es suficiente un *arranque directo*. La velocidad de giro está determinada por el motor y la relación de transmisión. En algunos casos hay instalados variadores de frecuencia en el motor y puede regularse la velocidad así como la rampa de arranque y parada.

### **Baterías frío/calor**

Se trata de intercambiadores aire-agua de tubos con aletas. La regulación de los mismos se realiza mediante el grado de apertura de la válvula, controlando el caudal de agua caliente o fría que atraviesa el intercambiador. Este control está programado y teniendo en cuenta la temperatura de salida.

### **Compuertas**

Se utilizan compuertas de lamas motorizadas para regular la admisión de aire exterior. También en el caso de mezclado de aire recirculado y aire exterior.



Figura 5. Compuertas

### **Silenciador**

Se utilizan para solucionar los problemas de ruido que se originan en estas instalaciones. Interesa su mínimo tamaño y mínimas pérdidas de carga.

## 5.1.2 Tipología

En el hospital se cuenta con un gran número de Unidades de Tratamiento de Aire, que varían en su configuración dependiendo de las necesidades de la zona a la que tratan.

### UTAs 100% aire exterior

**Descripción** Cuenta con una unidad de extracción completamente independiente, que en algunos casos puede estar situada en un lugar separado.

La unidad de impulsión está compuesta por una batería de precalentamiento, humectador, batería de frío y batería de calor, además de los elementos comunes. Hay un ventilador para la impulsión y otro para la extracción.

**Aplicación** En zonas del hospital en las que no puede haber recirculación de aire por ley. Salas limpias: quirófanos, R.E.A.

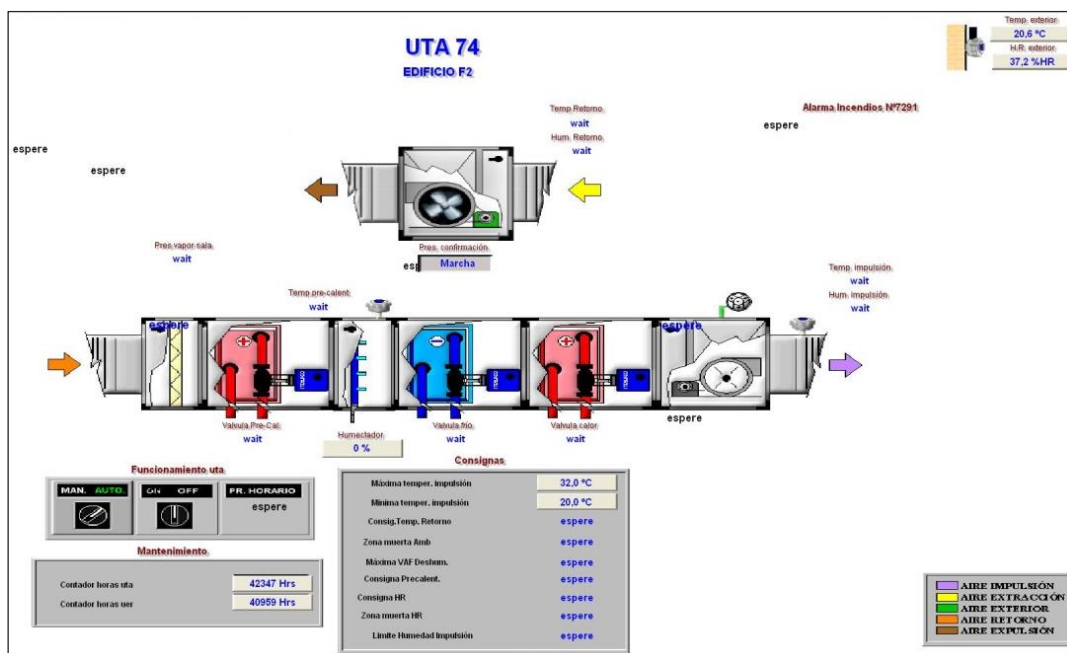


Figura 6. Esquema del sistema de control SCADA de una UTA 100% aire exterior

## UTAs con batería de recuperación

**Descripción** Se diferencian de las anteriores al contar con un sistema de recuperación de calor que consiste en un intercambiador aire-agua colocado en la unidad de extracción de manera que el agua absorbe gran parte del calor que tiene el aire extraído. Este calor es transportado por el agua gracias a una pequeña bomba de circulación y es aprovechado en la unidad de impulsión en otro intercambiador a modo de batería de precalentamiento.

**Aplicación** En diferentes zonas del hospital. La mayoría se encuentran en laboratorios.

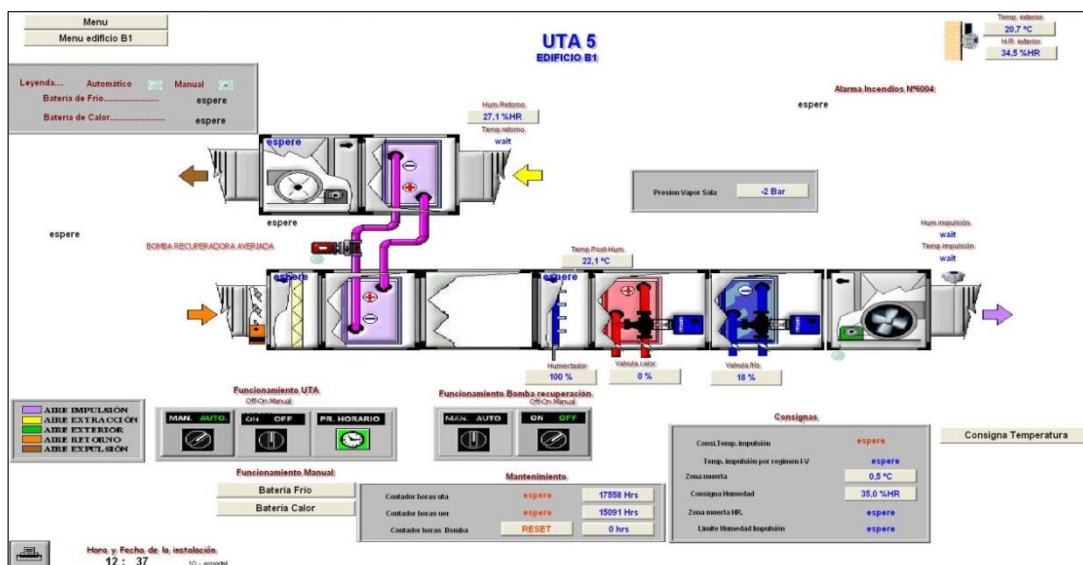


Figura 7. Esquema del sistema de control SCADA de una UTA con batería de recuperación

## UTAs con freecooling

**Descripción** Con un sistema de tres compuertas regulables se mezcla aire exterior y aire de retorno según las necesidades. De esta forma la extracción y la impulsión están incorporadas en la misma unidad y se juega con las proporciones de cada caudal según las necesidades térmicas y de ventilación. Hay dos posiciones extremas: 100% aire exterior y 100% aire recirculado, aunque en esta última siempre se introduce un pequeño porcentaje de aire exterior. No cuentan con humectador, generalmente. Constan de dos grupos motor-ventilador, uno encargado del retorno y otro de la impulsión.

**Aplicación** En zonas de pasillo principalmente.

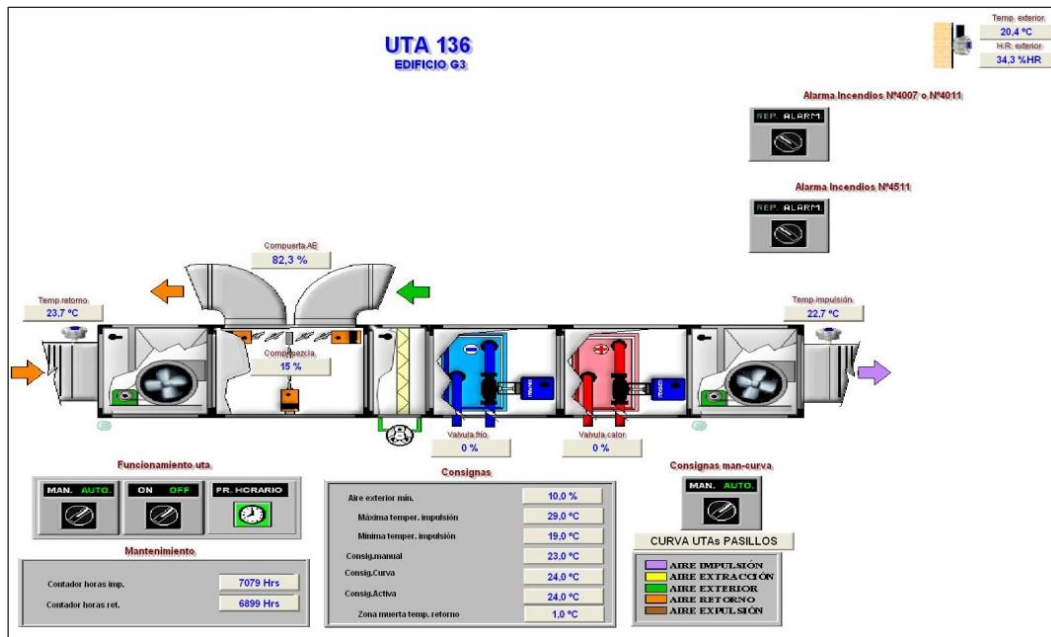


Figura 8. Esquema del sistema de control SCADA de una UTA con freecooling

## UTAs de doble conducto 100% aire exterior

**Descripción** Se sitúan las baterías de frío y calor en paralelo para impulsar dos corrientes de aire, una fría y otra caliente, hacia las unidades terminales, que serán las encargadas de la mezcla según las necesidades del local a climatizar.

**Aplicación** Suministran aire a zonas con unidades terminales de cajas de caudal constante.

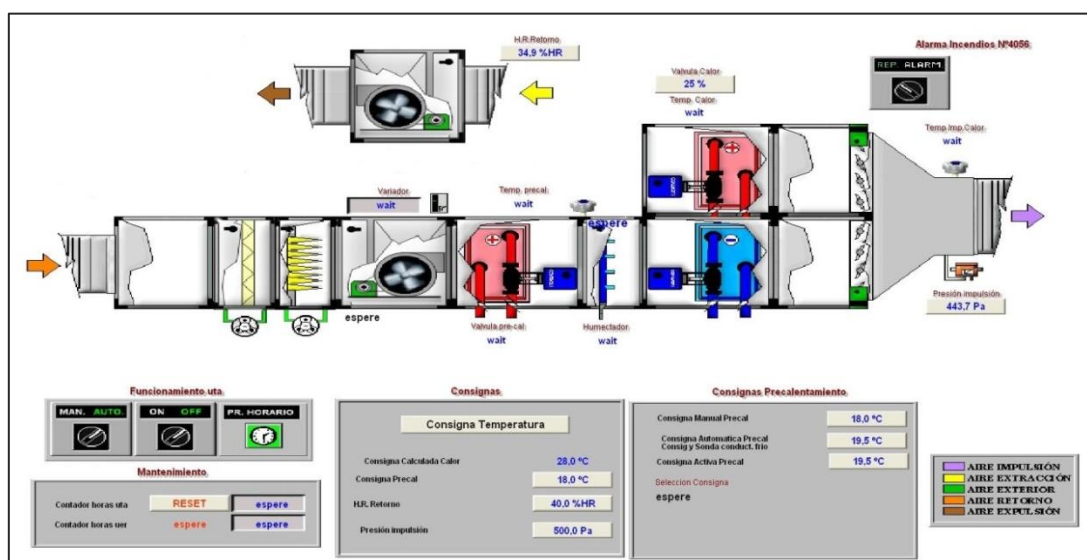


Figura 9. Esquema del sistema de control SCADA de una UTA de doble conducto

## UTAs de doble conducto con retorno

**Descripción** Añade, respecto al modelo anterior, un circuito de retorno para recircular aire tratado. Es mezclado con aire exterior.

**Aplicación** Suministran aire a zonas con unidades terminales de cajas de caudal constante.

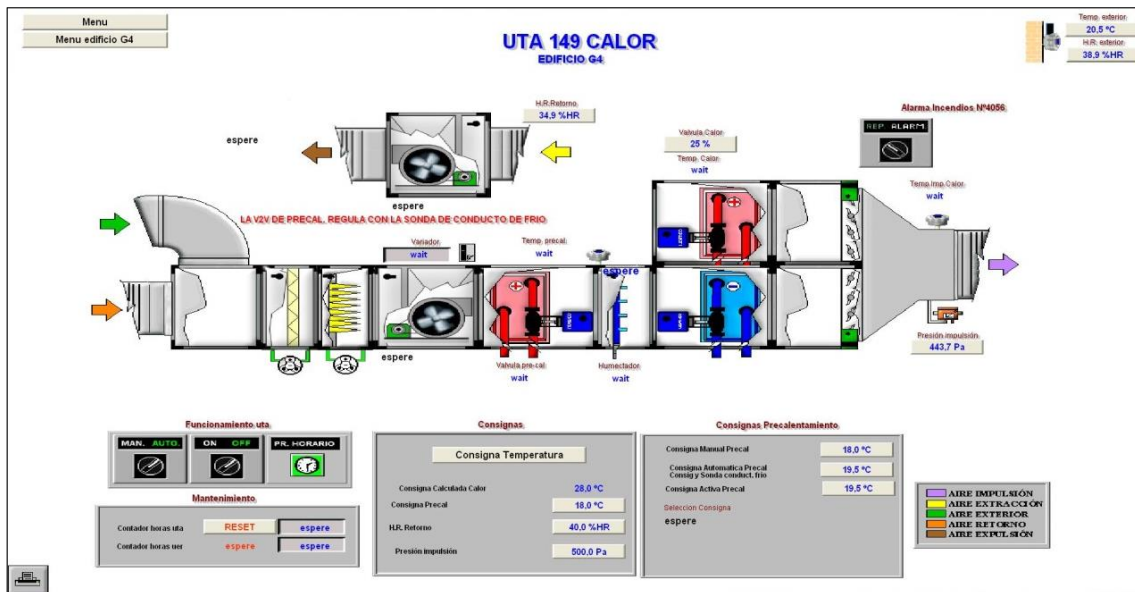


Figura 10. Esquema del sistema de control SCADA de una UTA de doble conducto con retorno

## UTAs con retorno

**Descripción** Un único ventilador impulsa caudal de retorno mezclado con aire exterior con un sistema de compuertas fijas. No tienen sistema freecooling, y se diferencian de él en que siempre hay mezcla de aire de retorno con aire exterior en unas proporciones fijadas.

**Aplicación** Cualquier zona.

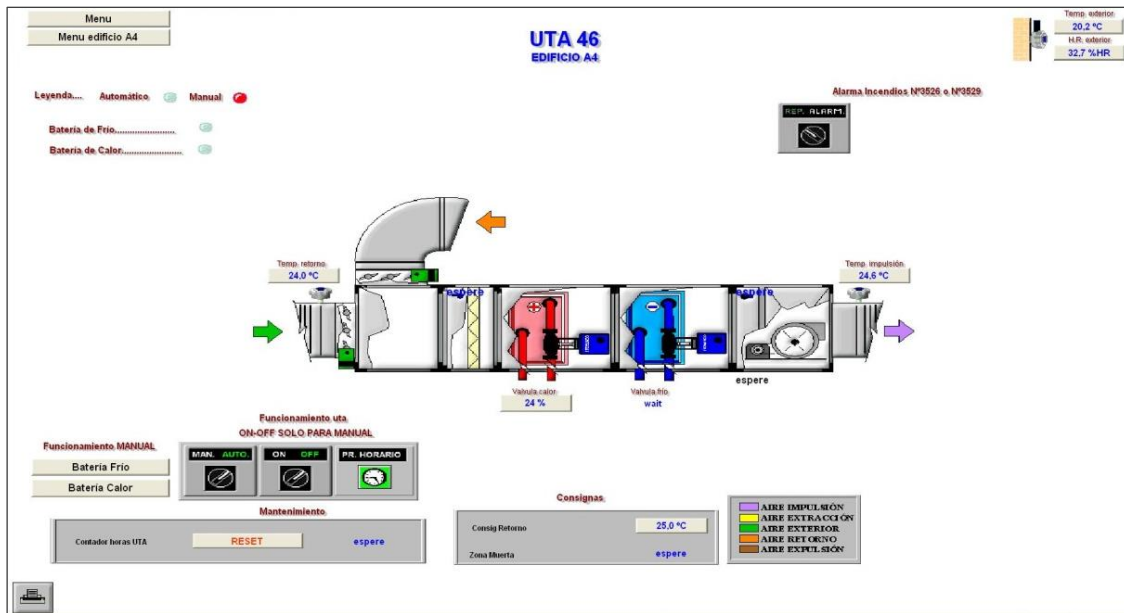


Figura 11. Esquema del sistema de control SCADA de una UTA con retorno

### 5.1.3 Control de funcionamiento

Los horarios de funcionamiento están programados desde el sistema de control automatizado. Cada UTA tiene establecido uno, como el que se puede observar en la figura. En algunos casos puede ser de 24 horas.

La temperatura se consigue jugando con la apertura y cierre de las válvulas de los circuitos de agua de las baterías de frío y calor de las UTAs. El cálculo de esta apertura se realiza a través de un lazo de control de tipo PID de forma que a cada ciclo de reloj se compara la *temperatura de consigna* deseada con la *temperatura de referencia* que se está midiendo generando, por los parámetros definidos para el lazo de control, una apertura para la válvula correspondiente.

Se utiliza, según el caso, una de estas tres temperaturas de referencia:

- **Temperatura de impulsión:** cuando interesa aire sin terminar de acondicionar porque abastece a unidades terminales, tales como inductores, cajas de caudal constante, fancoils.
- **Temperatura ambiente:** cuando prima la temperatura concreta de la sala.
- **Temperatura de retorno:** cuando se trata de zonas grandes, como es muy complicado encontrar un lugar donde poner el termómetro que sea característico de toda la zona, se toma esta temperatura en los conductos de retorno.

Información Semanal		Información Día Seleccionado	
Nombre:	<input type="text" value="Nuevo"/>	Seleccionar día, pasar horarios a crear en periodos de tiempo...	Inicio Horas: <input type="text" value="6"/> Inicio Minutos: <input type="text" value="10"/>
Muestra Color:	<input type="text"/> <input type="button" value="Elegir"/>	Seleccionar <input type="radio"/> Viernes	Fin Horas: <input type="text" value="21"/> Fin Minutos: <input type="text" value="0"/>

	00:00	03:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00	24:00
M									
T									
W									
T									
F									
S									
S									

Figura 12. Ejemplo de programación horaria de una UTA

### 5.1.4 Situación

El emplazamiento de la mayoría de estos sistemas está en casetas situadas en el nivel superior. Así, la zona más sensible de sufrir ruidos procedentes de las Unidades de Tratamiento de Aire es la planta superior del hospital.



Figura 13. Situación de la UTA 24



## 5.2 Otros sistemas de climatización del Hospital

Se denominan *Unidades Terminales* a aquellos sistemas, cercanos o situados en el mismo punto de demanda, que utilizan aire primario procedente de una Unidad de Tratamiento de Aire y/o agua caliente o fría para realizar una adecuación final del aire de entrada al local.

Por otro lado, también se describen algunos equipos autónomos, es decir, sin aire primario.

### Suelo Radiante

**Descripción** Con posibilidad de enfriar y calefactar.

Se miden las temperaturas en el circuito primario y secundario mediante sondas.

Se controla el funcionamiento de las válvulas y la bomba de circulación según las temperaturas de consigna del local a climatizar y de los circuitos.

**Aplicación** Es utilizado en el hall principal del hospital, donde es apoyado por aire tratado, y en la biblioteca, evitando así el ruido de ventiladores.

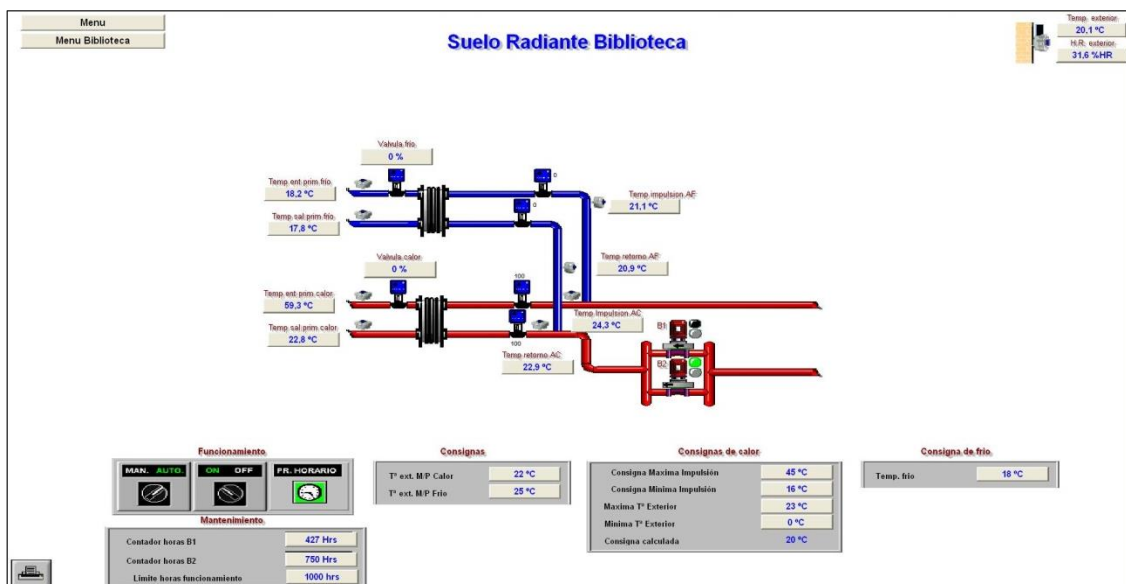


Figura 14. Esquema del sistema de control SCADA del Suelo Radiante de la Biblioteca

## Cajas de caudal o volumen constante

**Descripción** Es alimentada por una UTA de doble conducto. Se sitúa previamente al difusor de salida de aire. Consta de una cámara de mezclado y unas compuertas reguladas que están enclavadas para obtener un aire de salida en las condiciones demandadas en el local con un termostato o sin él.

**Aplicación** En consultas externas.

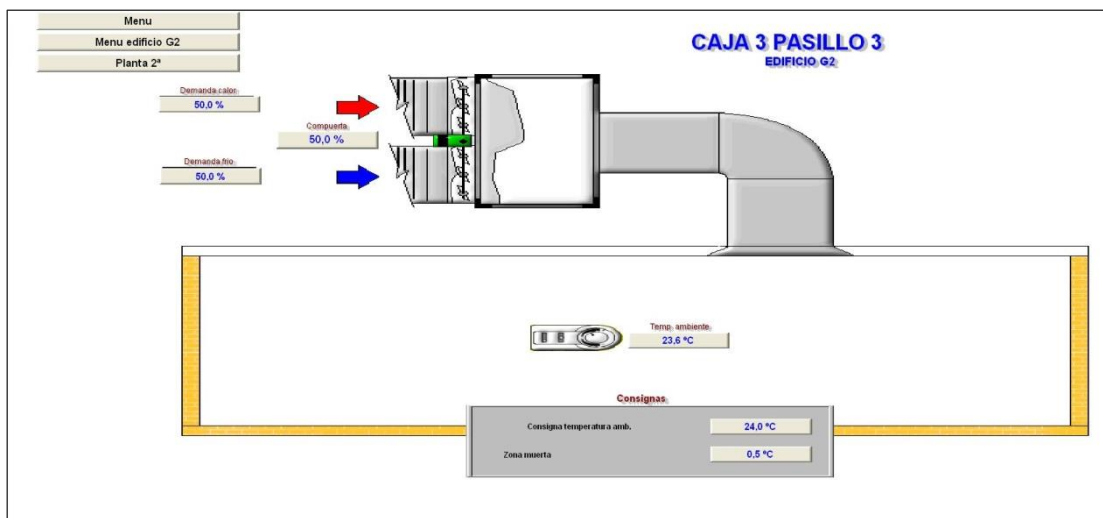


Figura 15. Esquema del sistema de control SCADA de una Caja de Caudal Constante

## Cajas de recalentamiento/enfriamiento

**Descripción** Compuestas por baterías de calor y frío que ajustan el aire a la temperatura final demandada. Reciben aire primario de UTA.

**Aplicación** En diferentes zonas.

## Cassettes

**Descripción** Situado en el techo, trata el aire del local utilizando unas baterías de frío o calor incorporadas. Se regula su marcha-paro y la temperatura de consigna según el termostato situado en el mismo lugar.

**Aplicación** Despachos médicos, consultas, zonas intermedias.

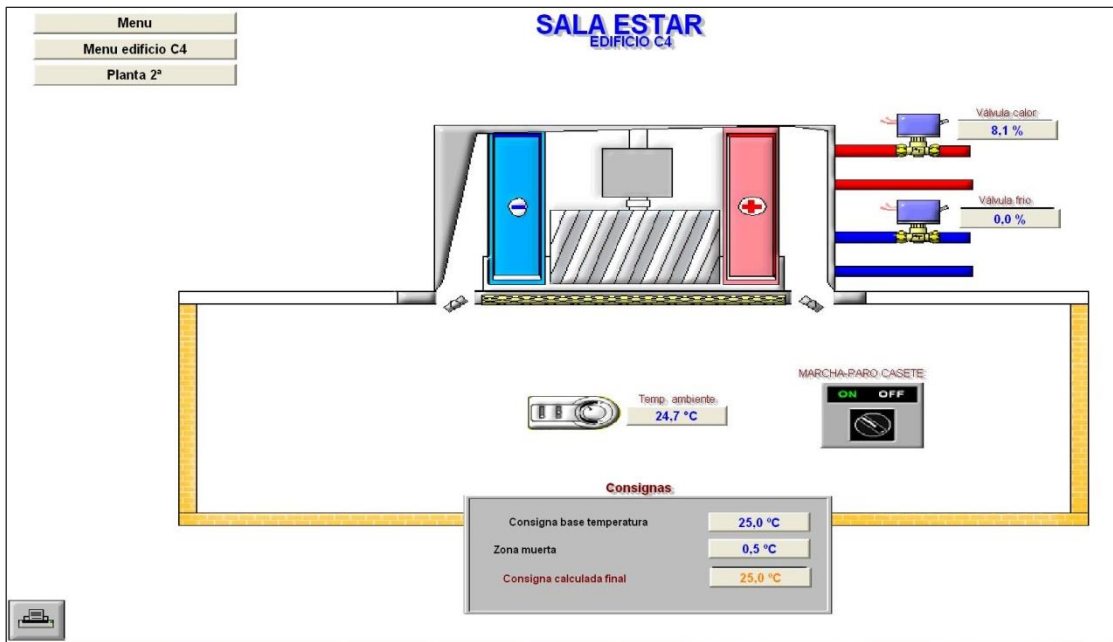


Figura 16. Esquema del sistema de control SCADA de una unidad Cassette

## Inductores

**Descripción** Utilizan aire primario procedente de una UTA y aire recirculado de la habitación por circulación natural. Se regula la depresión y sobrepresión del local.

**Aplicación** Habitaciones.

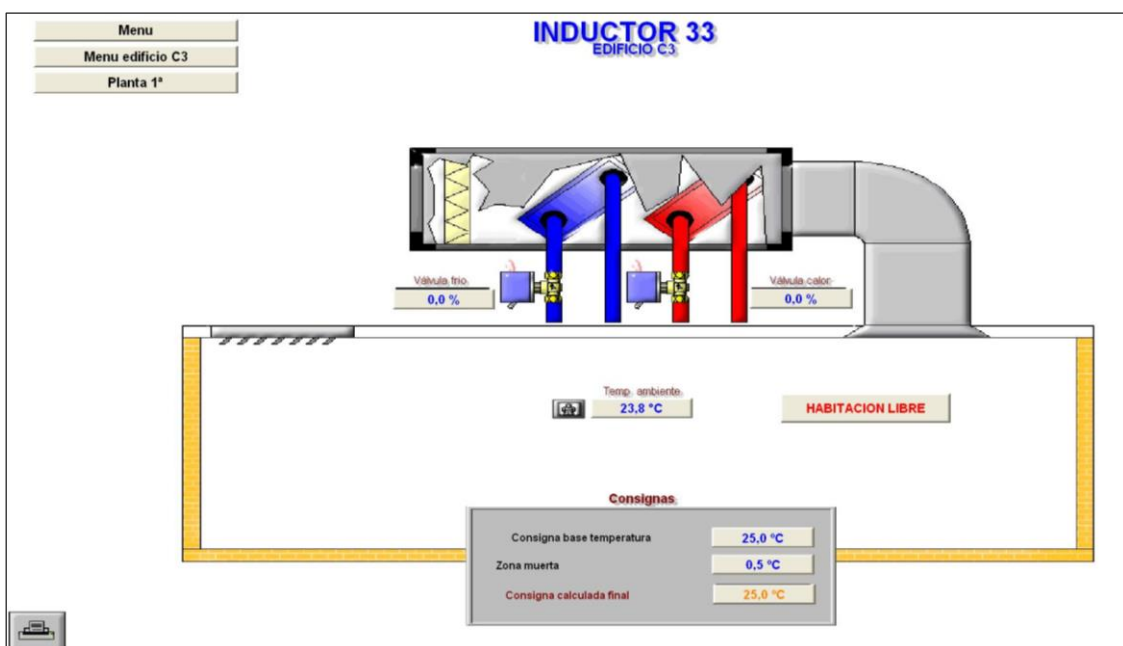


Figura 17. Esquema del sistema de control SCADA de un Inductor colocado en una habitación

## Fancoils

**Descripción** Similares a los inductores con el añadido de un grupo motor-ventilador, es decir, hay circulación forzada de aire.

**Aplicación** Despachos y salas.

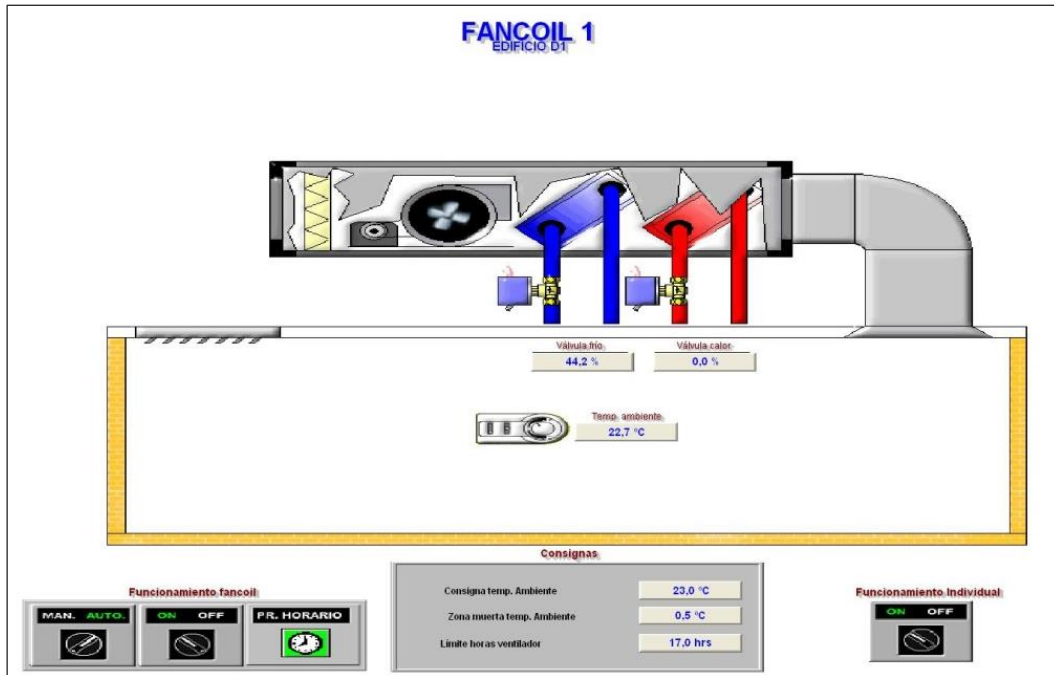


Figura 18. Esquema del sistema de control SCADA de una unidad Fancoil

## Máquinas de compresión directa

**Descripción** Son equipos autónomos que funcionan con electricidad.

Es el sistema de enfriamiento más común. Se utiliza un refrigerante que es sometido a un ciclo cerrado de *evaporación – compresión – condensación – expansión* (ciclo inverso de Rankine).

**Aplicación** En servidores, equipos informáticos, repartidores satélites, RACKS. Se utiliza en sitios donde es difícil llevar agua caliente o fría.

## **Enfriadoras y bombas de calor**

- Descripción* Son equipos autónomos que funcionan con electricidad.  
Son sistemas en los que el fluido refrigerante sigue el ciclo frigorífico (inverso de Rankine) en los que los intercambiadores que funcionan como evaporador y condensador pueden alternar sus funciones, pasando el evaporador a ser condensador y el condensador a evaporador. Para ello se utiliza una válvula de 4 vías.
- Aplicación* Se utiliza en sitios donde es difícil llevar agua caliente o fría.  
La bomba de calor sirve de apoyo en la Unidad de Quemados, lugar donde se demanda una temperatura superior a la normal.  
Las enfriadoras sirven como unidades de apoyo y como sistemas principales en Resonancia Magnética en invierno.

## 6. EQUIPOS DE MEDIDA

### 6.1 Fijos

Se utilizan sensores de presión y de temperatura para fijar las condiciones de operación del sistema. De esta forma puede programarse el funcionamiento, la puesta en marcha y parada según parámetros de consigna.

#### Presostato diferencial

*Descripción* Medidor de presión que envía una señal digital a control informando si está por encima o por debajo del valor tarado. Así se concreta el estado del filtro o si la UTA está en funcionamiento o no, y se puede generar una alarma de mantenimiento.

*Aplicación* En cada UTA existen unas sondas de presión diferencial. Están situadas entre las zonas de pérdida o ganancia de presión de la UTA (filtros, baterías de calor y frío, confirmación en ventiladores, etc.)



Figura 19. Sondas de presión diferencial in situ (1 y 2)

#### Medidor de presión de impulsión de aire

*Descripción* A diferencia de las anteriores dan el valor numérico de la presión. Se recoge el valor de la presión diferencial colocando una sonda a la entrada y otra a

la salida del ventilador.

*Aplicación* Sólo se utiliza en algunos casos aislados.

### **Termómetro**

*Descripción* Tipo PT100 de 4 hilos.

*Aplicación* Hay una sonda a la salida de la UTA, para medir la Temperatura de impulsión.

Si el sistema tiene conductos de extracción, se mide ahí la Temperatura de extracción.

Si tiene retorno, se mide la Temperatura de retorno.

Si tiene batería de precalentamiento, hay una sonda que mida la temperatura a la salida del precalentamiento. En el caso de haber humectación iría después de ella y se llamaría sonda de posthumectación aunque mediría la misma temperatura.

### **Humedad relativa**

*Descripción* Sonda.

*Aplicación* Es medida a la salida de la impulsión.

Si el sistema tiene conductos de extracción, se mide ahí la humedad.

## **6.2 Portátiles**

En el desarrollo del presente TFM se realizaron numerosas mediciones experimentales, tanto de comprobación, como de investigación.

Se han medido diferentes parámetros operativos de las UTAs gracias al instrumental portátil del que se disponía en el HURH, el cual se describe a continuación:

## Anemómetro hilo caliente

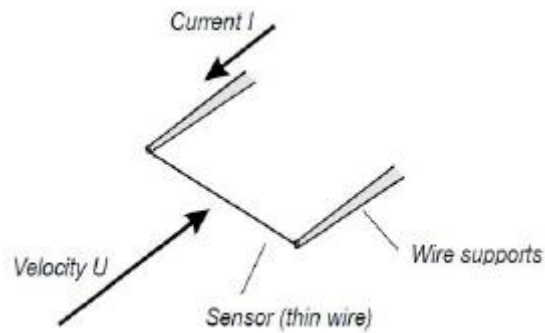


Figura 20. Principio de funcionamiento

**Descripción** Los anemómetros de hilo caliente utilizan un hilo muy fino (en el orden de varios micrómetros) calentado eléctricamente hasta una temperatura algo superior a la del ambiente. El aire que fluye a través del alambre tiene un efecto de enfriamiento en él.

Como la resistencia eléctrica de la mayoría de los metales es dependiente de la temperatura del metal, puede ser obtenida una relación entre la velocidad del flujo y la resistencia del hilo y por lo tanto puede obtenerse la velocidad al medir dicha resistencia eléctrica.

**Aplicación** Se ha utilizado para medir la **velocidad de salida** de aire en algunos difusores y rejillas de impulsión.

Se ha utilizado también para estimar el **caudal** de aire exterior que entra a una UTA, al conocer también el área que atraviesa.



Figura 21. Anemómetro utilizado



## Anemómetro de molinete axial

- Descripción* Aparato de medida de la velocidad axial de un flujo de aire.
- El dispositivo transforma las revoluciones de un ventilador axial en una señal que refleja la velocidad incidente del flujo, a mayor número de revoluciones, mayor velocidad del aire.
- Existen diferentes modelos, en los más sofisticados, se puede variar el ángulo de ataque de los álabes para poder medir corrientes no perpendiculares al aparato.
- Aplicación* Se utilizó para medir la velocidad del aire a la salida de difusores, así como su temperatura.



Figura 22. Anemómetro de molinete

## Tacómetro digital

- Descripción* Dispositivo que mide la velocidad de giro de un eje por medio de optometría laser.
- El aparato emite un haz laser que es reflejado en una pegatina reflectante situada en el objeto a medir. La señal laser es reflejada y recibida por el sensor óptico del aparato. Muestra la velocidad en rpm en pantalla.
- Aplicación* Se han realizado medidas de revoluciones de los ejes de **motores o ventiladores** con el fin de trabajar con datos reales.



Figura 23. Tacómetro utilizado

### Termómetro de contacto

*Descripción* Sonda de temperatura que mide la temperatura superficial y la muestra en pantalla.

*Aplicación* Se ha utilizado para medir la **temperatura del agua** que pasa por la tubería antes y después de la batería de calor o frío correspondiente. Se considera que la temperatura del fluido es la misma que la de la tubería una vez retirado el aislante.



Figura 24. Termómetro de contacto

## Manómetro digital

*Descripción* Este dispositivo ofrece una medición in situ de la diferencia de presión entre los dos puntos a medir mediante dos sondas conectadas al aparato. La escala de medida puede ser en presión absoluta, manométrica o diferencial.

*Aplicación* Se midió la diferencia de presión entre la entrada y salida del ventilador.

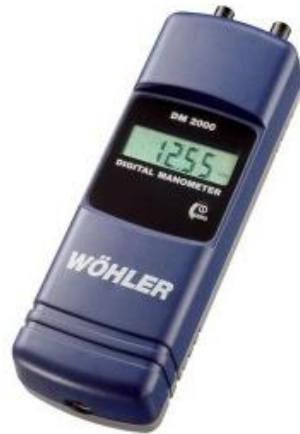


Figura 25. Manómetro digital

## Analizador de redes Circutor

*Descripción* Un Analizador de Redes es un instrumento capaz de analizar las propiedades de las redes eléctricas, especialmente aquellas con la reflexión, y las de señales eléctricas, conocidas como parámetros de dispersión (Parámetros-S).

Para el desarrollo del estudio se empleó el analizador de redes portátil modelo *Circutor AR5L*. Ofrece un estudio completo de la instalación realizando diferentes tipos de registros: armónicos, perturbaciones, comprobación de contadores, transitorios, flicker, etc.

Las conexiones se efectúan mediante pinzas amperimétricas de inducción para la corriente, y *bananas* en contacto con los tornillos de fijación de las líneas de tensión.

*Aplicación* Se han hecho medidas en tiempo real de los consumos en intensidad, voltaje y potencia además del  $\cos\phi$  de motores eléctricos que movían ventiladores.



Figura 26. Analizador de redes utilizado

### **Analizador de redes Fluke**

*Descripción* Igual que el anterior.

*Aplicación* Sirvió inicialmente para asegurar que las medidas realizadas por el anterior eran correctas, ya que es de mayor calidad. Al no ser propiedad del hospital, se empleó el analizador descrito anteriormente.



Figura 27. Analizador de redes Fluke

## Pinza amperimétrica de inducción

**Descripción** La pinza amperimétrica es un amperímetro que permite medir la corriente sin el inconveniente de tener que abrir el circuito.

El funcionamiento se basa en la medida indirecta de la corriente que circula por un conductor a partir del campo magnético o de los campos que dicha circulación genera. Recibe el nombre de pinza porque consta de un sensor en forma de pinza, que se abre y abraza el cable cuya corriente se quiere medir.

**Aplicación** Se empleó la pinza amperimétrica de CA Fluke CNX a3000 para la primera toma de medidas de consumos de funcionamiento de los motores.



Figura 28. Pinza amperimétrica

El módulo inalámbrico de pinza amperimétrica de CA CNX a3000 ofrece:

- Mediciones de corriente CA True-RMS de hasta 400 A
- Precisión del 2% hasta los 100 Hz y del 2-1/2% hasta 500 Hz
- Registro en memoria de hasta 65.000 lecturas
- Pantalla LCD con luz de fondo



## 7. OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

Este capítulo agrupa el trabajo de campo llevado a cabo durante la estancia en prácticas en el hospital. Como se ha mencionado anteriormente, el hospital cuenta con un total de 196 UTAs. De ellas, 59 UTAs (el 30%) tienen sistema de freecooling con dos ventiladores cada una y climatizan las zonas de pasillo.

Se ha trabajado principalmente con las **UTAs de pasillo** por ser las que a priori presentaban una mayor desviación con respecto a la situación de diseño, permitían un mayor ahorro y ofrecen la posibilidad de la experimentación al tratarse de zonas de menor importancia.

En los epígrafes siguientes se va a describir el trabajo realizado de acuerdo al siguiente esquema:

<b>Recopilación de información</b>
Revisión de los manuales de proyecto Recogida de datos
<b>Base de Datos de UTAs</b>
<b>Hoja de Cálculo Excel</b>
<b>Medidas de campo</b>
UTA 24 UTA 175 UTA 174 UTA 55. Caso Particular
<b>Análisis</b>
Procedimiento general de análisis Análisis de las Curvas de la Instalación Fuentes de error conocidas
<b>Acciones</b>
Escenario 1 – UTA individual Escenario 2 – Reducciones de caudal y cambio de motores Escenario 3 – Reducciones de caudal por aumento de Temperatura de impulsión cambio de motores

## 7.1 Recopilación de información

Una vez se ha conocido el funcionamiento de la instalación y se han comprendido los conceptos necesarios sobre los equipos instalados, se han seguido los siguientes pasos para comenzar el estudio de la eficiencia energética y las posibilidades de mejora.

### 7.1.1 Revisión de los manuales de proyecto de ejecución de obra

El proyecto original de climatización consta de 4 archivadores organizados según las zonas del hospital. Pese a poseer toda la información original en la que figuraban los cálculos, criterios, planos y esquemas, se desconocía la veracidad de los datos ya que se han ido realizado modificaciones en la construcción y durante la puesta en marcha de las instalaciones.

En esta primera fase se estudiaron los cálculos y esquemas que constan, así como los métodos de dimensionado utilizados.

### 7.1.2 Recogida de datos

Por un lado, se apuntaron los datos de las **placas de características** de motores y ventiladores de todas las UTAs del hospital, así como los consumos de intensidades por línea de cada motor. Toda esta información queda recogida en unas hojas que serán utilizadas posteriormente.

Se emplearon los **aparatos de medida** que se han mencionado anteriormente (anemómetro de hilo caliente, de molinillo axial, manómetro digital, termómetro de superficie, termómetro de aire, tacómetro digital, etc.).

Mediante el analizador de redes portátil modelo *Circuitor AR5L* se evaluaron en tiempo real los consumos en intensidad, voltaje, potencia y  $\cos\phi$  del grupo motor-ventilador en el que se pretende profundizar en su estudio.

Las conexiones eran realizadas mediante pinzas amperimétricas de inducción para medir la corriente, y *bananas* en contacto con los tornillos de conexión para medir la tensión en el cuadro eléctrico correspondiente.



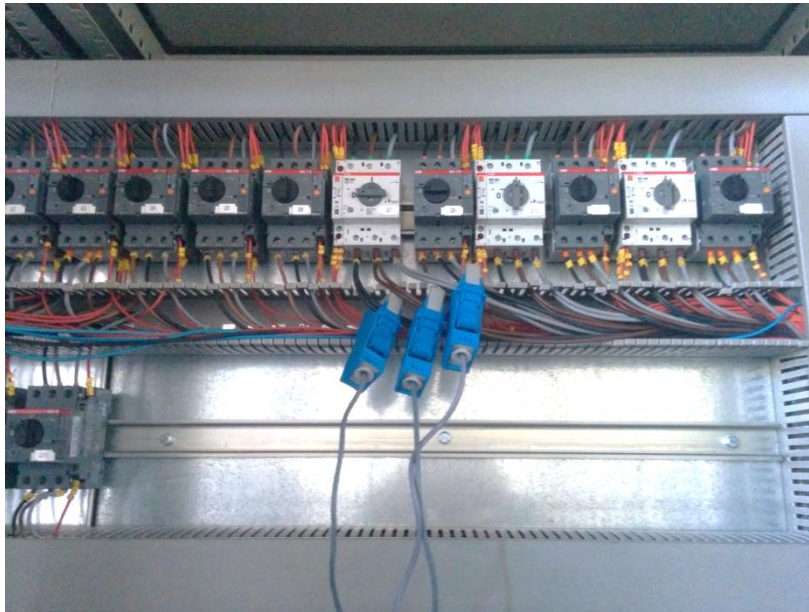


Figura 29. Conexión de las pinzas amperimétricas del analizador

Para el cálculo de velocidad de salida y el caudal se emplearon anemómetros de hilo caliente y molinillo axial. En combinación ofrecían un valor fiable del frente de velocidades ofrecido por el ventilador a través de una sección determinada.

## 7.2 Realización de la Base de Datos

Es interesante tener una base de datos con las características reales de cada sistema, partiendo de la recogida de información anterior. Se realiza en el soporte informático Excel.

La Base de Datos se desarrolla de tal manera que no sólo se introducen datos recogidos, también se utilizan columnas para apuntar resultados de cálculos que sirven para analizar la situación de cada UTA.

Por ejemplo, es posible determinar si una UTAs están trabajando con un caudal superior o inferior al de diseño, o el factor de carga de los motores, de una forma visual también.

	A	B	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	UTAS CON FREECOLING - ORDENADAS POR EDIFICIO																					
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
18																						
19																						
20																						
21																						
22																						
23																						
24																						
25																						
26																						
27																						
28																						
29																						
30																						
31																						
32																						
33																						

Figura 30. Aspecto de un fragmento de la Base de Datos en Excel

La Base de Datos completa se encuentra incluida en el **Anexo 1**.

A continuación se recogen los apartados que contiene la base de datos de cada UTA y se hace una breve explicación de lo que representa cada leyenda:

- **EDIFICIO:** En el que está la zona del hospital a la que climatiza la UTA.
- **NÚMERO DE UTA**
- **MODELO DE VENTILADOR:** Nomenclatura del fabricante (ADH o RDH).
- **MODELO DE MOTOR:** Fabricante del motor. Es importante ya que sus rendimientos varían según el modelo.
- **CORREA:** Referencia de la correa comercial que se utiliza en la transmisión.
- **HORAS FUNCIONAMIENTO:** Horas anuales que están los grupos motor-ventilador en marcha. Dicho horario está programado.
- **POTENCIA MOTOR:** Es la potencia nominal del motor eléctrico.
- **POTENCIA ÚTIL:** Es la potencia eléctrica que está **absorbiendo** el motor de la red eléctrica. Se ha calculado a partir de la medida de las intensidades por línea con una

pinza amperimétrica. En caso de buscar mayor precisión se utiliza el Analizador de Redes.

- **POTENCIA ABSORBIDA VENTILADOR:** Es la potencia en el eje del ventilador. Se estima a partir de la potencia útil anterior absorbida por el motor utilizando unos coeficientes que tienen en cuenta el rendimiento de la transmisión y que varían según la potencia del motor. Es importante ya que con ella se entra a la gráfica del ventilador correspondiente para hallar el punto de funcionamiento real.
- **VELOCIDAD MOTOR:** Son las revoluciones por minuto a las que trabaja el motor. El dato figura en la placa del motor, pero si se desea mayor precisión se mide con el tacómetro.
- **POLEA MOTOR:** Diámetro en mm de la polea del motor.
- **POLEA VENTILADOR:** Diámetro en mm de la polea del ventilador.
- **VELOCIDAD VENTILADOR:** Es la velocidad en revoluciones por minuto a la que trabaja el ventilador. Se calcula con los datos de los diámetros de las poleas anteriores y la velocidad del motor. Si se desea mayor precisión puede utilizarse un tacómetro. Este dato es importante ya que nos permite entrar en la gráfica del ventilador para hallar el punto de funcionamiento real.
- **CAUDAL DE PROYECTO:** Es el caudal que figura en la memoria del proyecto y para el cual ha sido diseñada toda la instalación.
- **CAUDAL DE FUNCIONAMIENTO:** Es el caudal que se obtiene de cortar en la gráfica del ventilador correspondiente la velocidad del ventilador real y la potencia absorbida por el ventilador. Se considera que es el caudal con el que se está trabajando en la realidad, aunque su valor está afectado de errores ya detallados.
- **DIFERENCIA DE CAUDALES:** Es la diferencia entre el caudal de funcionamiento y el caudal de proyecto. Su valor positivo indica que se está dando más caudal del proyectado. Se ha dibujado un diagrama de barras dentro de cada celda que da una idea visual de qué UTAs tienen mayor diferencia de caudales.

- **DIFERENCIA DE POTENCIAS:** Es la diferencia entre la potencia nominal del motor y la potencia útil que está desarrollando. Da una idea de la carga con la que trabaja y lo sobredimensionado que se encuentra. También se ha dibujado un diagrama de barras.

Edificio	Nº UTA	Modelo ventilador	Modelo Motor	Correa	Horas año	Pot Motor	Pot útil	pot abs ventilador	
A1 (Zona expositores N0)	36	Imp	ADH 315L	UM	SPZ 1462x2	2607 h	4,0 kW	3,11 kW	2,70 kW
		Ret	ADH 315L	UM	SPZ 1237x2	2607 h	2,2 kW	1,76 kW	1,53 kW

Figura 31. Extracto de la tabla para una UTA

					Punto de funcionamiento			
velocidad motor	polea motor	polea ventilad	velocidad ventilador	Caudal de proyecto	Caudal (m3/h)	Presión (Pa)	Diferencia caudales	Diferencia potencias
1430	132	140	1348	7330	8200	730	870	0,89
1420	100	150	947	7000	8000		1000	0,44

Figura 32. Continuación de la figura anterior

#### CAMBIO DE CAUDAL POR AUMENTO DE TEMPERATURA DE IMPULSIÓN

En este apartado se muestran los resultados de los cálculos realizados para un supuesto cambio de caudal en base al aumento de la temperatura de impulsión del aire desde la que está trabajando hasta 38°C. Las consideraciones de estos cálculos y el procedimiento se presentan en el epígrafe 7.6 y se corresponden con el *escenario 3* de acciones propuestas del epígrafe 7.6.

- **T IMPULSIÓN:** Es la temperatura medida por las sondas tomada en la época invernal (semana 16-20 diciembre). Se toma como base para este pequeño estudio de cambio de caudal por aumento de temperatura de impulsión.
- **CAUDAL PARA IMPULSIÓN A 38c:** Muestra el resultado de calcular un nuevo caudal suponiendo que se aumenta la temperatura de impulsión a 38C.

- **K:** Es la constante de la curva de pérdidas de la instalación ( $P=k\cdot Q^2$ ). Partiendo de P y Q de funcionamiento real, se obtiene esta k, que nos vale para calcular la nueva altura con el nuevo caudal.
- **PRESIÓN NUEVA:** Sería la presión que proporciona el ventilador para el nuevo caudal y la misma instalación.
- **POTENCIA ÚTIL MOTOR:** Nueva potencia que consumiría el motor.
- **NUEVA VELOCIDAD VENTILADOR:** Velocidad para proporcionar el nuevo caudal.
- **AHORRO EN EUROS:** Es el ahorro económico derivado de la diferencia de potencias útiles absorbidas de la red por el motor antes y después de variar el caudal.

Cambio de Caudal por aumento de T de impulsión						34227
T impulsión	Caudal para impulsión a	k	Presión nueva	Potencia útil motor	Nueva velocidad	Ahorro en Euros
29	4100	1,0857E-05	183	0,40 kW	680	733

Figura 33. Extracto de la Base de Datos

## PROPUESTA DE REDUCCIÓN DE CAUDAL

En este apartado se muestran los resultados de los cálculos realizados para reducir el caudal de aire al caudal de diseño en las UTAs cuyo caudal es superior al mismo. Se corresponde con el *escenario 2* de acciones propuestas del epígrafe 7.6.

- **1-NUEVO CAUDAL:** Se introduce aquí el valor del nuevo caudal que se quiere que entregue la UTA. En algunos casos se puede proponer incluso un caudal muy inferior al proyectado después de observar que las necesidades de la zona que cubre están por debajo.
- **2-NUEVA RPM:** Velocidad en rpm que ha de tener el ventilador para proporcionar el nuevo caudal. Se ha calculado con la Hoja de Cálculo, de acuerdo a la ley:

$$n_2 = n_1 \cdot \frac{Q_2}{Q_1}$$

- **3-NUEVA POLEA:** Es el diámetro en mm de la nueva polea de motor o ventilador (M/V) que hay que colocar para cambiar la velocidad del ventilador y entregar el nuevo caudal. Como generalmente se reduce la velocidad del ventilador, se calcula la nueva polea de motor de acuerdo a la expresión:

$$d_2 = d_1 \cdot \frac{v_2(\text{rpm})}{v_1(\text{rpm})}$$

- **4-POLEA COMERCIAL:** Es el diámetro en mm de la nueva polea calculada antes, elegida en catálogo comercial.
- **5-RPM VENTILADOR:** Es la nueva velocidad en rpm del ventilador instalando la polea comercial, es decir, sustituye al valor de la casilla 2-Nueva rpm.
- **6-CAUDAL:** Es el caudal que se obtendrá con la velocidad de ventilador anterior.
- **7-NUEVA POTENCIA ÚTIL DE MOTOR:** Es la potencia útil que absorberá el motor de la red eléctrica.
- **AHORRO EN EUROS:** Es el ahorro económico derivado de la diferencia de potencias útiles absorbidas de la red por el motor antes y después de variar el caudal. Es decir, proviene de la diferencia entre la casilla de Potencia Útil y la casilla anterior.

		Propuesta de reducción de CAUDAL							
Nº UTA		1-Nuevo Caudal	2-Nueva rpm	3-Nueva Polea M	4-Polea comercial	5-rpm ventilador	6-Caudal	7-Nueva Pot. Util de motor	Ahorro en Euros
36	Imp	7300	1200	117	118	1205	7330	2,22 kW	240
	Ret	7000	829	88	85	805	6800	1,08 kW	184

Figura 34. Extracto de la tabla para una UTA

#### PROPUESTA DE CAMBIO DE MOTOR

Este apartado recoge los resultados de proponer un cambio de potencia nominal de motor a una más ajustada a la demandada una vez reducido el caudal al de diseño.

- **NUEVO MOTOR:** Es la potencia nominal del nuevo motor propuesto. Siempre mayor a la potencia útil que esté dando.
- **AHORRO EN POTENCIA ÚTIL:** Es la diferencia entre la potencia útil que da el motor nuevo y el anterior. Se obtiene un ahorro gracias a la mejora de rendimiento al trabajar con un motor con carga más alta.
- **AHORRO EN EUROS:** Es el ahorro en potencia traducido a euros.

		Propuesta de cambio de MOTOR		
Nº UTA		Nuevo Motor	Ahorro en Pot. Util	Ahorro en Euros
36	Imp	3,0 kW	1,119	303
	Ret	1,5 kW	0,927	251

Figura 35. Extracto de la tabla para una UTA

- **AHORRO TOTAL:** La suma de los ahorros obtenidos por cambio de caudal y de motor. En la celda superior se encuentra el ahorro acumulado para todas las UTAs.
- **OBSERVACIONES:** Se anotan aquí particularidades y observaciones realizadas durante el análisis.

Código de colores:

Se han utilizado una serie de colores para mostrar el resultado del análisis de una forma más visual. Se han coloreado las celdas correspondientes al retorno (Ret), extracción (Ext) o impulsión (Imp) de cada UTA:

[Rojo] Problema Ventilador
[Verde] Todo correcto
[Azul] Problema Motor
[Morado] Problema Motor y Ventilador

## 7.3 Implementación de la Hoja de Cálculo

Dado que los cálculos a realizar a partir de la información recogida seguían un proceso repetitivo y mecánico, se programó un software de apoyo en Excel.

El programa funciona introduciendo los datos instantáneos de funcionamiento del motor (la intensidad consumida por línea, potencia nominal del motor, modelo y marca de ventilador, modelo y marca del motor, tensión de alimentación) y devuelve los valores de potencia real que está consumiendo el motor y potencia que está absorbiendo el ventilador. Para ello realiza los cálculos pertinentes, un proceso que se detalla posteriormente.

Este programa ha permanecido en **continuo uso** desde el desarrollo de las prácticas en el HURH de modo que actualmente es el propio personal del centro el que lo está manejando para realizar los cálculos, lo que les significa un ahorro de tiempo considerable.

### Descripción

Se buscó el aspecto más sencillo posible para su mejor utilización y comprensión a nuevos usuarios, por ello se eligió la plataforma Excel (con la que la mayoría de los trabajadores están familiarizados), se ocultaron las tablas que realizan los cálculos y se limitó el acceso a la modificación de datos para que solo pudieran ser editadas las celdas de introducción de datos, no las de visualización (que son las que cuentan con fórmulas preestablecidas).

Se realizó en varias etapas, por lo que cuenta con **diferentes secciones** en cada una de las cuales se añadieron funciones complementarias como el cálculo de potencia a partir de las intensidades de línea, el cálculo del factor de potencia del motor, el cambio de polea, el cambio de velocidad, etc.







Figura 37. Cálculos para la obtención de las curvas del factor de potencia de cada motor

Una vez obtenidos todos los datos necesarios para el cálculo de cada posible situación, se elaboró una base de datos que los recogiera y que realizara los cálculos (formada por 8 tablas de cálculo, que se describen a continuación) a los que hace referencia la ventana que muestra los resultados.

## Tablas de cálculo

En estas tablas es donde realmente se realizan los cálculos, aplicando las ecuaciones para motores trifásicos:

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot \rho$$

Donde  $I$  es la Intensidad media de las consumidas por cada una de las líneas.

$V$  es la tensión, que se considera constante y de valor 400V.

$\cos\phi$  es el que se calcula en cada caso, obtenido de la curva calculada anteriormente.

$\rho$  es el rendimiento del motor que aparece en los catálogos para cada marca y modelo.

Otro				4 polos				MOTOR 0,75 Kw				MOTOR 1,1 Kw				MOTOR 1,5 Kw				MOTOR 2,2 Kw				MOTOR 3 Kw																																			
In				1,69 A				2,40 A				3,28 A				4,64 A				6,17 A																																							
I1				I2				I3				I1				I2				I3				I1				I2				I3																											
4,36				4,34				4,28				4,36				4,34				4,28				4,36				4,34				4,28																											
4,33												4,33				4,33				4,33				4,33				4,33																															
2,560157791								1,80277778				1,32716836				0,932471264				0,70124257				0,70124257				0,70124257																															
0,169597781				Cos $\phi$				1,048401128				0,52958457				1,029029325				0,79894279				1,065013259				0,799707689				Cos $\phi$				1,0309329				0,74130623				Cos $\phi$				1,02509954											
0,41 Kw				P <sub>s</sub> ADH				P <sub>s</sub> RDH				1,70 Kw				P <sub>s</sub> ADH				P <sub>s</sub> RDH				1,99 Kw				P <sub>s</sub> ADH				P <sub>s</sub> RDH				2,03 Kw				P <sub>s</sub> ADH				P <sub>s</sub> RDH				1,90 Kw				P <sub>s</sub> ADH				P <sub>s</sub> RDH			
5,54 Kw				0,31				0,33				2,54 Kw				1,13				1,16				5,54 Kw				1,73				1,77				5,54 Kw				1,76				1,81				5,54 Kw				1,65				1,70			
6,028968				TABLA 2								4,317068				TABLA 2								3,079812				TABLA 2								2,228844				TABLA 2								1,685888				TABLA 2							
10,19 A								10,38 A								10,01 A								10,34 A								10,40 A								10,40 A																			

MOTOR 4 Kw				MOTOR 5,5 Kw				MOTOR 7,5 Kw				MOTOR 9,2 Kw				MOTOR 11 Kw																																											
In				8,12 A				10,50 A				14,10 A				17,30 A				21,20 A																																							
I1				I2				I3				I1				I2				I3				I1				I2				I3																											
4,36				4,34				4,28				4,36				4,34				4,28				4,36				4,34				4,28																											
4,33												4,33				4,33				4,33				4,33				4,33				4,33																											
0,532840722								0,41206349				0,30685579				0,250096339				0,20408805				0,532840722								0,46810534				0,20408805				0,64138116																			
0,659196747				Cos $\phi$				1,001402969				0,63114998				1,01641975				0,969661092				0,93048909				0,659196747								0,93048909				0,64138116																			
1,71 Kw				P <sub>s</sub> ADH				P <sub>s</sub> RDH				1,67 Kw				P <sub>s</sub> ADH				P <sub>s</sub> RDH				1,60 Kw				P <sub>s</sub> ADH				P <sub>s</sub> RDH				1,42 Kw				P <sub>s</sub> ADH				P <sub>s</sub> RDH				1,27 Kw				P <sub>s</sub> ADH				P <sub>s</sub> RDH			
5,54 Kw				1,49				1,53				5,54 Kw				1,45				1,49				5,54 Kw				1,39				1,43				5,54 Kw				1,24				1,27				5,54 Kw				1,10				1,13			
1,311182				TABLA 2								0,999				TABLA 2								0,77981				TABLA 2								0,682324				TABLA 2								0,597722				TABLA 2							
10,65 A								10,49 A								11,00 A								11,46 A								11,46 A								12,67 A																			

MOTOR 15 Kw		MOTOR 18,5 Kw		Amp. actual		Amp. Nuevo		Ahorro A		Ahorro Kw		Ahorro € 24h			
In		28,70 A		35,10 A		18,97 A		17,74 A		1,23 A		0,85 Kw		1,046 €	
I1		I2		I3		I1		I2		I3					
4,36		4,34		4,28		4,36		4,34		4,28					
4,33						4,33		4,33		4,33					
0,150754936				0,12326686		0,59650602		0,250096339		0,530077067		0,93048909			
0,470073963		Cos $\phi$		0,76833037		0,43486228		Cos $\phi$		0,742825258					
1,28 Kw		P <sub>s</sub> ADH		P <sub>s</sub> RDH		1,20 Kw		P <sub>s</sub> ADH		P <sub>s</sub> RDH					
5,54 Kw		0,4835		TABLA 2		1,12		1,14		5,54 Kw		1,04			
13,88 A				14,35 A				14,35 A							

80			
81	<b>Siemens</b>	<b>4 polos</b>	
82	<b>MOTOR 0,75 Kw</b>		
83	In	1,91 A	
84	I1	I2	I3
85	6,9	6,9	6,6
86	6,80		
87	3,560209424		
88	-1,258622845	Cos $\phi$	1,243620615
89			
90	-4,27 Kw	P <sub>s</sub> ADH	P <sub>s</sub> RDH
92	3,03 Kw		-3,42
93	2,555617294	TABLA 2	
94	4,88 A		

Figura 38. Tablas de cálculo para cada motor

Estas tablas ofrecen la posibilidad de calcular los parámetros mencionados anteriormente a partir de dos cualesquiera, teniendo en cuenta que la tensión es siempre constante a 400v y que la Intensidad Nominal (In) es siempre conocida.



Primera sección

MOTOR ACTUAL		
	4 polos	2 polos
tipo de motor	UniversalMotors	Siemens
potencia del motor	2,2	Weg
Intensidad 1	4,36	UniversalMotors
Intensidad 2	4,34	Siemens
Intensidad 3	4,28	Abb
Pot. Util	1,8930	1,3664
Tipo ventilador	ADH	ADH
P.abs. Ventilador	1,6461	1,1882

Figura 39. Extracto de la Hoja de Cálculo. Sección 1

1. Se elige el tipo de motor que se desee evaluar: dos o cuatro polos. A continuación en los desplegados inmediatamente inferiores se selecciona el modelo y la potencia.
2. Se introducen los datos de las intensidades por línea y se visualiza la potencia útil calculada.
3. Se selecciona el tipo de ventilador y en la celda siguiente nos devuelve la potencia absorbida por el ventilador con la que se entra en las gráficas de los ventiladores para la evaluación del caudal.

Segunda sección

NUEVO MOTOR		
	4 polos	2 polos
tipo de motor	UniversalMotors	Siemens
potencia del motor	7,5	15
P.nuevo motor	5,54	
I. abs. Nuevo motor	11,1267	13,1589
I. Nom. Nuevo motor	14,80	29,00
cos $\phi$ Nuevo motor	0,83	0,68

Figura 40. Extracto de la Hoja de Cálculo. Sección 2

1. Se introduce el valor de potencia del motor nuevo y se selecciona el motor deseado en las pestañas desplegadas (siempre empleando la columna de dos o cuatro polos según se quiera).
2. Se obtienen los resultados de intensidad consumida teórica por el nuevo motor, la nominal de esa potencia y marca y el factor de potencia que tendría.
3. Si se tuviera el dato de potencia que se desea que consuma el ventilador (a partir de curvas de los ventiladores), hay una sección a parte para la obtención de la potencia del motor necesaria.

### Tercera sección

SEMEJANZA VENTILADOR		CAMBIO DE POLEA	
cambio velocidad		conservando polea motor	
n1(rpm)	771	vel. Motor	1450
n2(rpm)	647	polea motor	150
Q1(m3/h)	15500	vel. Ventilador	800
Q2(m3/h)	13000	polea ventilador	272
cambio de potencia		conservando polea ventilador	
n1(rpm)	771	vel. Motor	1425
n2(rpm)	647	polea motor	73
P1(Kw)	3,4	vel. Ventilador	651
P2(Kw)	2,01	polea ventilador	160

Figura 41. Extracto de la Hoja de Cálculo. Sección 3

Se emplearon las ecuaciones de semejanza de turbomáquinas para el cálculo de las nuevas condiciones de funcionamiento al cambiar alguno de los parámetros del motor, con el objetivo de realizar un cambio de poleas para modificar la velocidad de giro del ventilador.

$$Q_2 = Q_1 \cdot \left[ \frac{n_2}{n_1} \right] \quad P_2 = P_1 \cdot \left[ \frac{n_2}{n_1} \right]^2 \quad N_2 = N_1 \cdot \left[ \frac{n_2}{n_1} \right]^3$$

1. Se introduce en la tabla superior izquierda los datos de velocidad actual ( $n_1$ ) obtenido mediante placa de características o medido con el tacómetro laser, caudal actual ( $Q_1$ ) y caudal deseado ( $Q_2$ ) y se obtiene de vuelta la velocidad de giro que debería tener ese ventilador ( $n_2$ ).
2. A continuación se desplaza el valor de ( $n_2$ ) a la tabla izquierda inferior donde se introduce también el dato de la potencia consumida inicialmente ( $P_1$ ) que es obtenido de la sección 1 y se obtiene así el dato de  $P_2$ . Con él, se podría ir a la sección 2 para el cálculo del nuevo motor.
3. El cambio de polea puede ser en el eje del motor o del ventilador. En función de cual queramos cambiar se empleará la tabla superior derecha o izquierda, pero en ambos casos el procedimiento operativo es idéntico:  
Se introduce el dato de velocidad en el motor ya que este permanecerá constante y el dato de la polea del lado que no se modificará.  
**A continuación se introduce la nueva velocidad deseada en el ventilador y se obtiene el diámetro de la polea del lado que se va a cambiar.**

#### Cuarta sección

AHORRO		
	4 polos	2 polos
Ahorro I. consumida	2,6548	0,9445
Ahorro Pot. Consumida	1,8393	0,6544

Figura 42. Extracto de la Hoja de Cálculo. Sección 4

En esta sección no se introducen datos, permite evaluar el ahorro de un motor frente a su predecesor.

Los cálculos se realizan respecto a las intensidades introducidas por línea de la sección 1 frente a la intensidad que absorberá el motor sustituto en la sección dos. Con estos datos presenta un ahorro de amperios que luego recalcula en ahorro en kW (calculada a partir de la tensión de línea (400v constantes y la diferencia de intensidades).

## 7.4 Medidas de campo

Al observar que en muchos casos las medidas diferían notablemente de los datos de proyecto, se siguió un procedimiento de redimensionamiento y toma de datos hasta lograr dejarlo en una situación más eficiente.

Se decidió **empezar a actuar por 3 UTAs**, evaluando su estado con medidas experimentales, y realizando modificaciones en su funcionamiento para establecer un procedimiento aplicable a otras unidades.

Este proceso realizado en forma de ensayo es la base de las medidas propuestas para todas las UTAs de pasillo, cuyos cálculos quedan reflejados en la Base de Datos (Anexo 1).

Los siguientes epígrafes desarrollan los casos concretos de:

UTA 24
UTA 175
UTA 174
UTA 55. Caso particular

Después, en el apartado 7.5 *Análisis* se establece el procedimiento general.

### 7.4.1 UTA 24

Se ha comenzado el estudio eligiendo la Unidad de Tratamiento de Aire número 24, se trata de una UTA con sistema de freecooling.

Problemas: Se ha observado que genera ruido y mucha velocidad de aire a la salida de los difusores, por lo que se sospecha que puede estar funcionando mal, en otro punto que no es el de diseño. Afecta a un pasillo del nivel 3 y dos salas de espera.



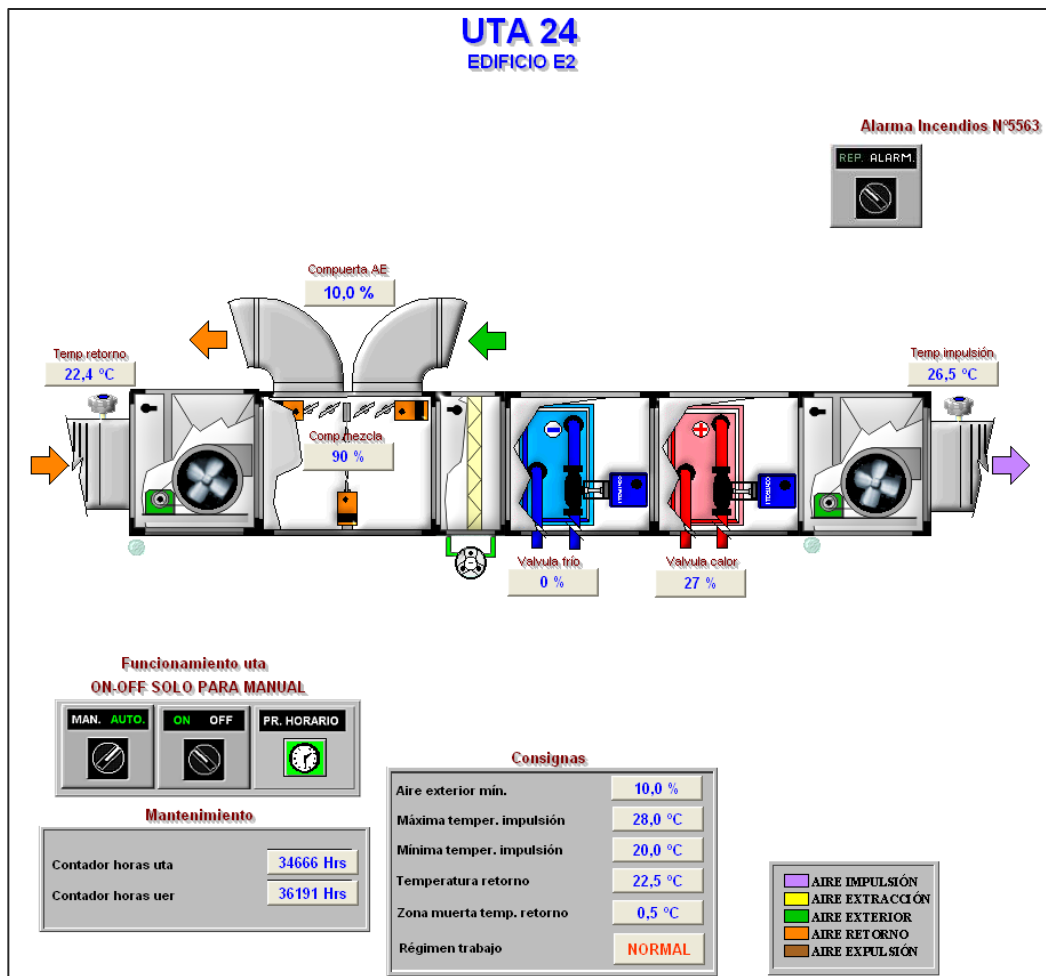
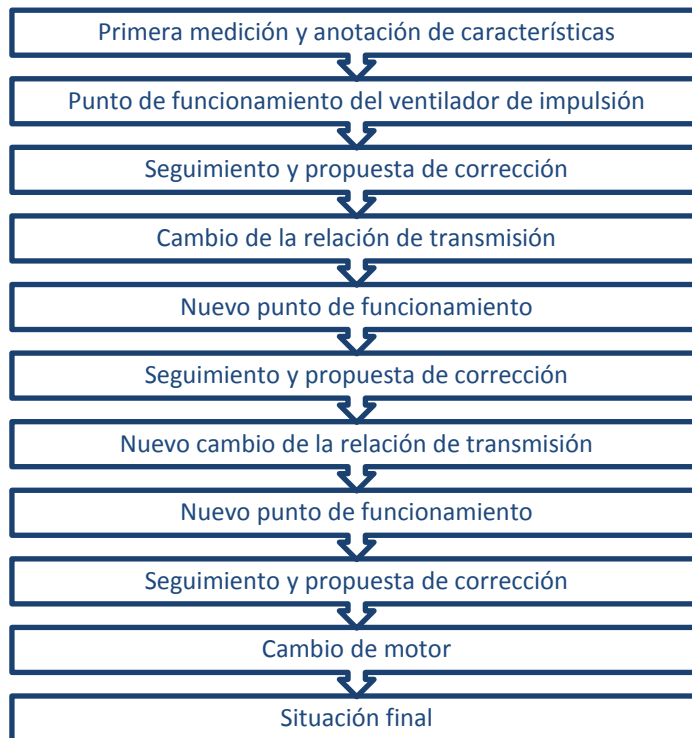


Figura 43. Control Scada de la UTA 24

Para el estudio de su funcionamiento se ha seguido el siguiente proceso que es prácticamente iterativo:



### Primera medición y anotación de características

En una inspección inicial se han copiado los datos de la placa de características del motor, del ventilador de impulsión y del de extracción, el modelo de ventilador, la transmisión motor-ventilador y se han medido en el cuadro eléctrico las intensidades de línea que consumen ambos motores para conocer las condiciones reales de funcionamiento.

Estos datos quedan reflejados en las siguientes tablas:

IMPULSIÓN	
Ventilador	Motor (SIEMENS)
<b>Modelo:</b> ADH 450L	<b>Arrancador Estrella-Triángulo:</b> SI
<b>Diámetro polea:</b> 224 mm	<b>Diámetro polea:</b> 170 mm
<b>Correa:</b> SPA 1857x3	<b>Velocidad motor:</b> 1460 rpm
	<b>Potencia nominal:</b> 11 kW
	<b>Intensidad nominal:</b> 21.5 A
	<b>Intensidad medida:</b> 18.8/19.1/19 A

RETORNO	
Ventilador	Motor (UNIVERSAL MOTORS)
<b>Modelo:</b> ADH 450L	<b>Arrancador Estrella-Triángulo:</b> SI
<b>Diámetro polea:</b> 224 mm	<b>Diámetro polea:</b> 160 mm
<b>Correa:</b> SPA 1932x2	<b>Velocidad motor:</b> 1440 rpm
	<b>Potencia nominal:</b> 5.5 kW
	<b>Intensidad nominal:</b> 11.2 A
	<b>Intensidad medida:</b> 10.8/10.7/10.5 A

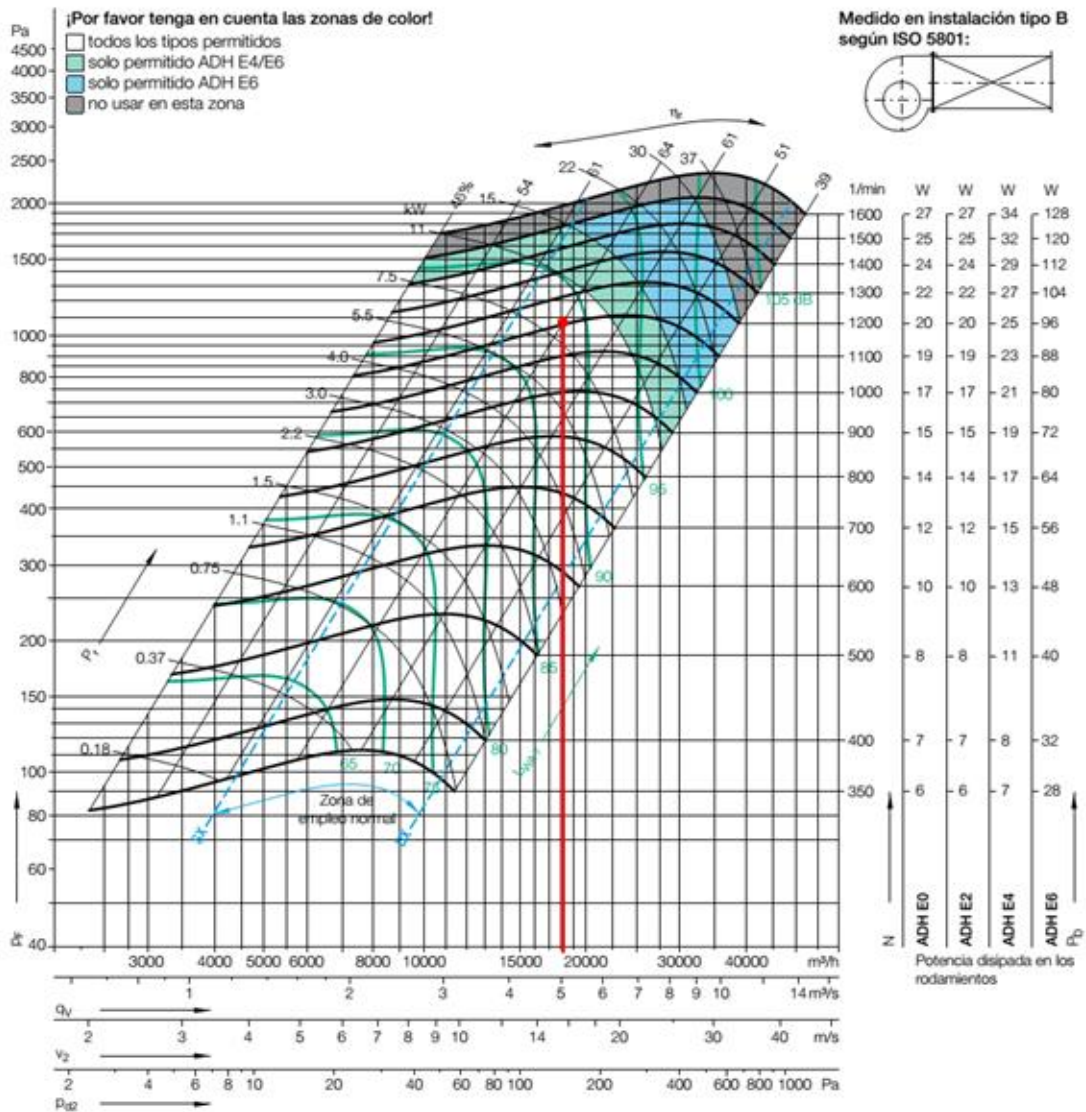
### Punto de funcionamiento del ventilador de impulsión

A partir de los datos anteriores se puede entrar en la gráfica de las curvas del ventilador para conocer el punto de funcionamiento real.

Centrando la atención en el ventilador de impulsión, se entra en la gráfica a partir de las revoluciones del ventilador (1108 rpm) y la potencia absorbida por el mismo (8.01 kW, calculada a partir de las intensidades medidas mediante la hoja de cálculo Excel).

<b>MOTOR ACTUAL</b>	
	<b>4 polos</b>
Fabricante	Siemens
Potencia nom del motor	11
Intensidad 1 (A)	18,8
Intensidad 2 (A)	19,1
Intensidad 3 (A)	19
Pot. Util (kW)	9,2191
Tipo ventilador	ADH
P. abs. Ventilador (kW)	8,0166

Tabla 1. Extracto de la Hoja de Cálculo



Gráfica 1. Ventilador ADH 450L

Caudal: **18000 m³/h**

Presión: **1080 Pa**

Otra forma:

Para asegurar que el uso de la gráfica es efectivo y da valores asumibles se ha procedido a hallar el caudal a partir de medidas de la presión y de la velocidad de entrada de aire exterior (en condiciones de aire de renovación 100%).

$V_m = 6.7 \text{ m/s}$		<b><math>Q=18875 \text{ m}^3/\text{h}</math></b>
$L = 61.5 \text{ cm}$	$A = L \cdot H - 6 \cdot 0.01 \cdot 1,41$ $= 0,7826 \text{ m}^2$	
$H = 141 \text{ cm}$		
6 lamas (1x141 cm)		
$\Delta P = 1291 \text{ Pa}$		

Respecto a la medida de la presión, se ha colocado el manómetro en el orificio preexistente en la carcasa a la salida del ventilador centrífugo y en el oído del ventilador (la entrada del aire al mismo). Debido a efectos aerodinámicos indeseados como vorticidades y existencia de presiones dinámicas la medida de la presión estará afectada de error y se ha utilizado como orientativa.

### Seguimiento y propuesta de corrección

- Los valores obtenidos por ambos métodos no distan demasiado, ya que se considera que las desviaciones significativas son aquellas superiores a 1000 m<sup>3</sup>/h. Por tanto, se darán por buenos los valores obtenidos de la gráfica por el procedimiento seguido.
- Se observa que se está trabajando con un caudal de 18000 m<sup>3</sup>/h, muy superior al caudal de diseño de 14000 m<sup>3</sup>/h.
- Este caudal mayor puede ser debido a una sobreestimación de las pérdidas de carga de los elementos de la instalación (conductos, codos, difusores, etc), ya que si hay menores pérdidas de carga en la instalación el punto de funcionamiento se desplaza hacia un caudal más elevado
- Se decide **cambiar la relación de transmisión motor-ventilador** para dar menos caudal y observar las consecuencias.

### Cambio de la relación de transmisión

Con el objetivo de irse aproximando a las condiciones de diseño, se realiza un cambio en el diámetro de una de las poleas de la transmisión motor-ventilador para reducir el caudal en aproximadamente 3000 m<sup>3</sup>/h.

Utilizando la relación de semejanza de Máquinas Hidráulicas, aplicable a ventiladores:

$$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow n_2 = \frac{Q_2}{Q_1} \cdot n_1 = \frac{15000}{18000} \cdot 1108 = 923 \text{ rpm}$$

Considerando una nueva velocidad de 900 rpm, se calcula la nueva polea que debe montar el motor:

$$D'_1 = D_2 \cdot \frac{n_2}{n_1} = 224 \cdot \frac{900}{1460} = 138 \text{ mm}$$

Se elige de catálogo la polea de **140 mm**, de tres canales, que utiliza un casquillo modelo 2517, el mismo que la polea anterior, por lo que se ahorra el cambio.

La polea de 140 mm dará lugar a una velocidad de **912 rpm** y a su vez a un caudal de 14800 m<sup>3</sup>/h

Cambio de polea en el eje motor de **170 mm → 140 mm**

Dp	Canales	Casquillo	Eje Ø máx	Figura	B	J	K	L	N	De	Peso
<b>140</b>	1	1610	42	8	20	120.5		25	92	146.2	1.77
	2	2012	50	1	35			32		146.2	2.70
	3	2517	65	4	50	105.6		45		146.2	3.19
	4	2517	65	4	65	105.6		45		146.2	3.50
	5	2517	65	5	80	108.0	17.5	45		146.2	3.90
	6	2517	65	5	95	105.0	25.0	45		146.2	4.60
<b>170</b>	1	1610	42	8	20	150.5		25	92	176.2	2.61
	2	2012	50	1	35			32		176.2	4.41
	3	2517	65	4	50	136.6		45		176.2	5.25
	4	2517	65	4	65	136.6		45		176.2	5.92
	5	2517	65	5	80	136.0	17.5	45		176.2	6.52
	6	2517	65	5	95	135.0	25.0	45		176.2	7.25

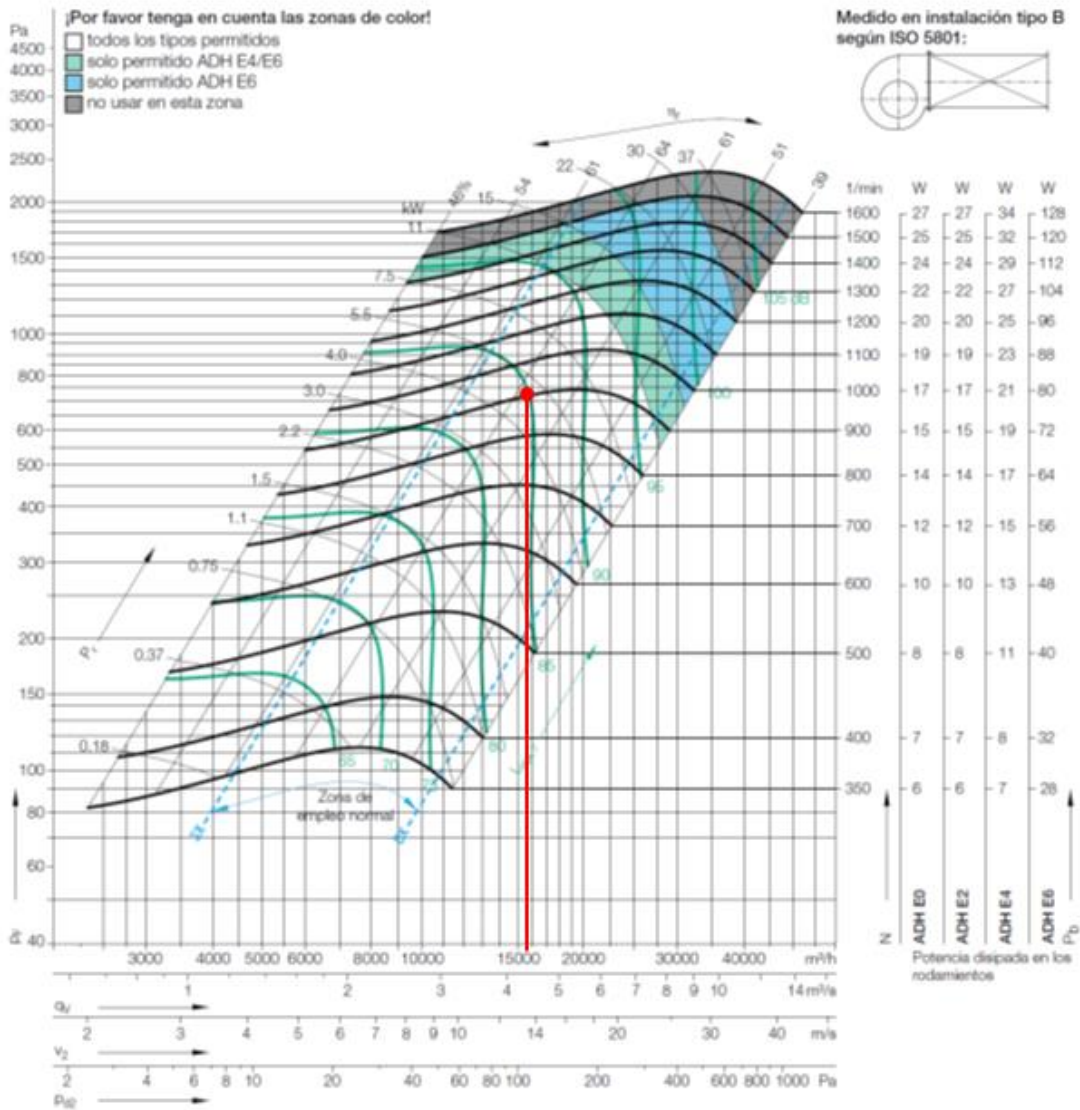
Tabla 2. Extracto de catálogo de poleas

### Nuevo punto de funcionamiento

El nuevo punto de funcionamiento se caracteriza al medir nuevamente con el analizador de redes el consumo del motor trifásico. De los valores obtenidos: 13,4 A / 13,3 A / 13,6 A se realiza el cálculo, mediante la hoja de cálculo desarrollada, y se obtiene una potencia absorbida por el ventilador de 5,02 kW que, junto con la velocidad del ventilador, sirven para entrar en la gráfica del mismo y obtener el caudal de funcionamiento.

<b>MOTOR ACTUAL</b>	
	<b>4 polos</b>
Fabricante	Siemens
Potencia nom del motor	11
Intensidad 1 (A)	13,4
Intensidad 2 (A)	13,3
Intensidad 3 (A)	13,6
Pot. Util (kW)	5,7691
Tipo ventilador	ADH
P. abs. Ventilador (kW)	5,0166

Tabla 3. Extracto de la Hoja de Cálculo



Gráfica 2. Ventilador ADH 450L

Caudal: 15500 m³/h

Presión: 725 Pa

## Seguimiento y propuesta de corrección

- La disminución de caudal desde 18000 a 15500 m<sup>3</sup>/h ha supuesto una bajada de la intensidad demandada por línea desde 19 a 13 A.
- Trabajando en estas condiciones ya se podría utilizar un motor de 5,5 kW en lugar del de 11 kW.
- Aun así, se va a buscar reducir más aún el caudal para que sea el de diseño (14000 m<sup>3</sup>/h), ya que las velocidades de salida del aire aún son altas en el pasillo.
- A la vez, se extrae la conclusión de lo favorable que puede ser ajustar las UTAs a menores caudales.

## Nuevo cambio de la relación de transmisión

Se realiza una nueva disminución en el diámetro de la polea para reducir aún más el caudal y acercar la instalación a su funcionamiento de diseño.

Utilizando la relación de semejanza de Máquinas Hidráulicas, aplicable a ventiladores:

$$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow n_2 = \frac{Q_2}{Q_1} \cdot n_1 = \frac{14000}{15500} \cdot 912 = 824 \text{ rpm}$$

Considerando una nueva velocidad de 800 rpm, se calcula la nueva polea que debe montar el motor:

$$D'_1 = D_2 \cdot \frac{n_2}{n_1} = 224 \cdot \frac{800}{1460} = 123 \text{ mm}$$

Se elige de catálogo la polea de **118 mm**, de tres canales. Utiliza un casquillo modelo 2012 que habrá que cambiar también.

Se ha redondeado a la baja ya que es un método aproximado por el que se obtiene un caudal superior al que se ha fijado (como se ha observado en el caso anterior) y tampoco importaría obtener un caudal aún más bajo.

La polea de 118 mm dará lugar a una velocidad de **769 rpm** y a su vez a un caudal teórico de 13100 m<sup>3</sup>/h

Cambio de polea en el eje motor de <b>140 mm</b> → <b>118 mm</b>
--



Dp	Canales	Casquillo	Eje Ø máx	Figura	B	J	K	L	N	De	Peso
118	1	1610	42	2	16			25	92	122.6	1.20
	2	1610	42	1	28			28		122.6	1.52
	3	2012	50	4	40	90.0	8.0	32		122.6	1.70
	4	2012	50	4	52	92.0		32		122.6	1.94
	5	2012	50	4	64	89.0	32.0	32		122.6	2.29
	6	2517	65	6	76	89.0	31.0	45		122.6	2.27

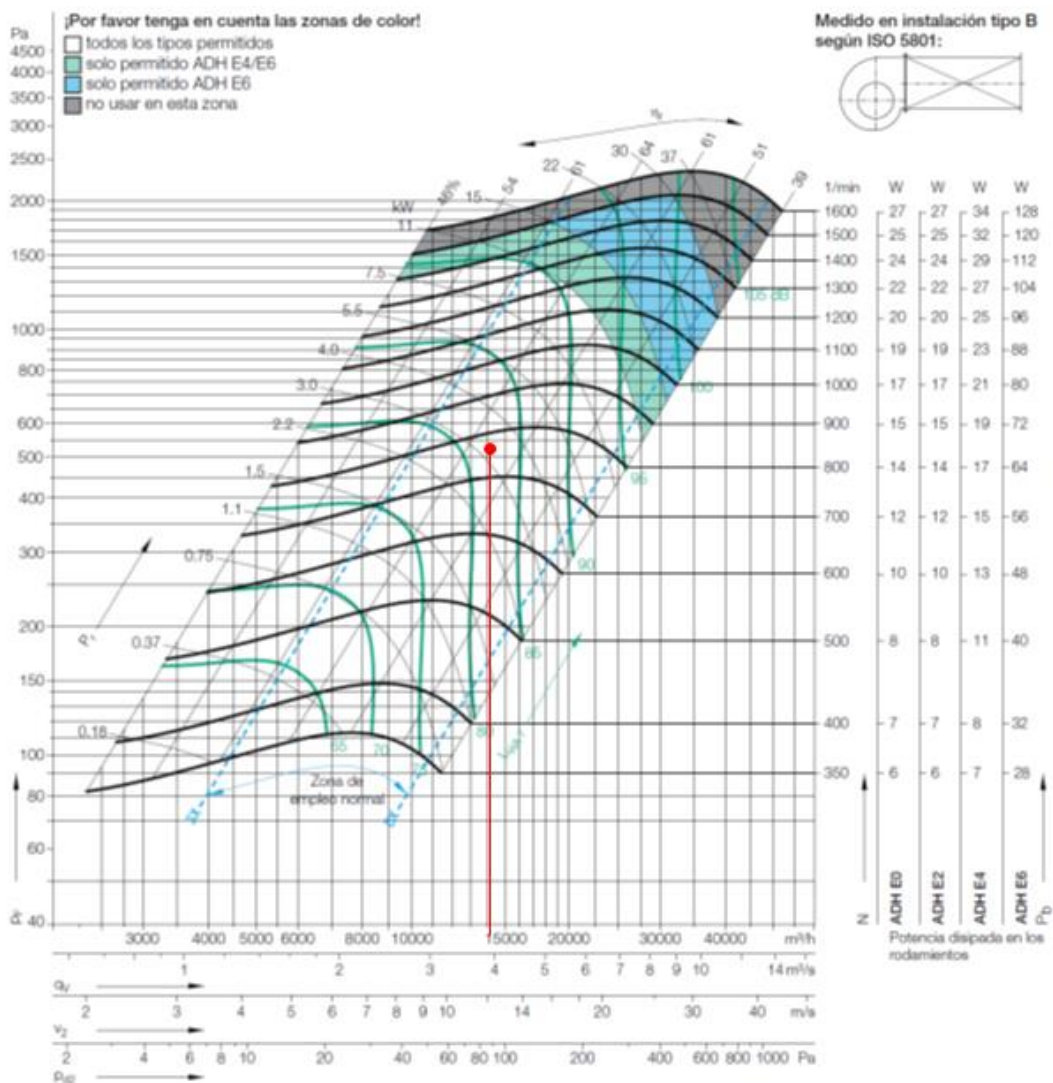
Tabla 4. Extracto de catálogo de poleas

### Nuevo punto de funcionamiento

Medidas del analizador de redes: 9,5 A / 10,0 A / 9,8 A

Potencia absorbida por el motor: 3,7 kW

Potencia absorbida por el ventilador: 3,2 kW



Gráfica 3. Ventilador ADH 450L

Caudal: **14000 m<sup>3</sup>/h**

Presión: **535 Pa**

### Seguimiento y propuesta de corrección

- A pesar de haber reducido la velocidad del ventilador con la intención de obtener un caudal de 13000 m<sup>3</sup>/h se ha medido un consumo correspondiente a 14000 m<sup>3</sup>/h, ello es debido a los errores que se analizan en el epígrafe 7.5.2
- Se ha observado que manteniendo apagado el motor de extracción cuando la recirculación es plena (no hay aportación de aire exterior) se hace consumir menos al motor de impulsión.

### Cambio de motor

Con la situación final, se puede instalar un motor de **4 kW**. La mejora del factor de carga al sustituir el motor de 11 kW por uno de 4 kW se ve reflejada en un ahorro de intensidad de 1.96 A.

<b>MOTOR ACTUAL</b>	
	4 polos
Fabricante	Siemens
Potencia nom del motor	11
Intensidad 1 (A)	9,5
Intensidad 2 (A)	10
Intensidad 3 (A)	9,8
Pot. Util (kW)	3,6951
Tipo ventilador	ADH
P. abs. Ventilador (kW)	3,2131
<b>MOTOR NUEVO</b>	
	4 polos
Fabricante	Siemens
Potencia del motor	4
P. nuevo motor	3,7
I. abs. Nuevo motor	7,8019
I. Nom. Nuevo motor	8,20
cos φ nuevo	0,81
<b>AHORRO</b>	
	4 polos
Ahorro en I (A)	1,9648
Ahorro en P (kW)	1,3612

Tabla 5. Extracto de la hoja de cálculo

## Situación final

UTA 24 IMPULSIÓN		
Inicial	→	Final
18000 m <sup>3</sup> /h	Caudal	14000 m <sup>3</sup> /h
9.2 kW	Consumo	3.7 kW
11 kW	Motor	4 kW
Ahorro por cambio de caudal		3135 €/año
Ahorro por cambio de motor		772 €/año
Ahorro total		<b>3907 €/año</b>

### 7.4.2 UTA 175

Se trata también de una UTA con freecooling. Se han realizado medidas de las intensidades de línea con el analizador de redes para los casos:

- 100% aire exterior, retorno ON
- 100% aire exterior, retorno OFF
- 0% aire exterior, retorno ON
- 0% aire exterior, retorno OFF

El caso más desfavorable es *0% aire exterior, retorno ON*. Con el cual se trabaja. Aun así, el resto de casos presenta consumos muy próximos.

### Primera medición y anotación de características

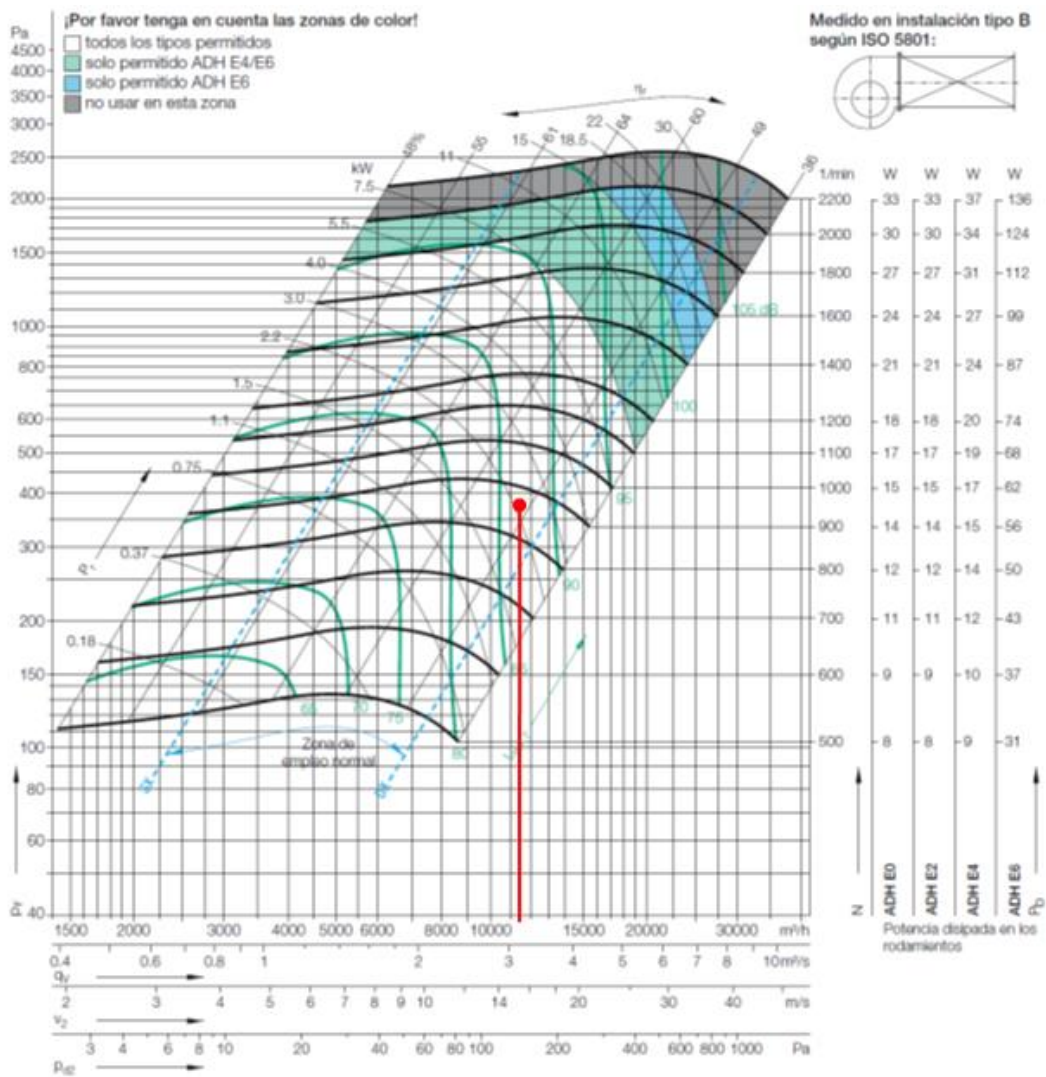
IMPULSIÓN	
Ventilador	Motor (UNIVERSAL MOTORS)
<b>Modelo:</b> ADH 355L	<b>Arrancador Estrella-Triángulo:</b> NO
<b>Diámetro polea:</b> 224mm	<b>Diámetro polea:</b> 132 mm
<b>Correa:</b> SPA 1500x2	<b>Velocidad motor:</b> 1450 rpm
	<b>Potencia nominal:</b> 5.5 kW
	<b>Intensidad nominal:</b> 11.03 A
	<b>Intensidad medida:</b> 6.3/6.2/6.3 A

RETORNO	
Ventilador	Motor (UNIVERSAL MOTORS)
Modelo: ADH 355L	Arrancador Estrella-Triángulo: NO
Diámetro polea: 160 mm	Diámetro polea: 100 mm
Correa: SPA 1312x2	Velocidad motor: 1425 rpm
	Potencia nominal: 2.2 kW
	Intensidad nominal: 4.85 A
	Intensidad medida: 4.8/4.4/4.7 A

### Punto de funcionamiento del ventilador de impulsión

Revoluciones del ventilador reales (tacómetro): 869 rpm

Potencia absorbida por el ventilador: 2.35 kW



Gráfica 4. Ventilador ADH 355L

Caudal: 11500 m³/h

Presión: 375 Pa

## Seguimiento y propuesta de corrección

- El caudal de diseño es 10000 m<sup>3</sup>/h, por lo tanto se puede rebajar el caudal en 1500 m<sup>3</sup>/h. Esto, como se ha visto anteriormente, merece la pena ya que variaciones de caudal afectan mucho en el consumo eléctrico del motor.
- Por otro lado, se tiene un motor de 5,5 kW que sólo está entregando 2,7 kW.
- Se decide disminuir el caudal al de diseño ajustando la relación de transmisión y cambiar el motor a uno que trabaje con mejor factor de carga.

## Cambio de la relación de transmisión

$$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow n_2 = \frac{Q_2}{Q_1} \cdot n_1 = \frac{10000}{11500} \cdot 854 = 771 \text{ rpm}$$

Considerando una nueva velocidad de 771 rpm, se calcula la nueva polea que debe montar el motor:

$$D'_1 = D_2 \cdot \frac{n_2}{n_1} = 224 \cdot \frac{771}{1450} = 119 \text{ mm}$$

Se elige de catálogo la polea de **118 mm**, de dos canales, que utiliza un casquillo modelo 1610, que sustituye el que estaba modelo 2012.

La polea de 118 mm dará lugar a una velocidad de **763 rpm** y a su vez a un caudal de 10250 m<sup>3</sup>/h

Cambio de polea en el eje motor de **132 mm** → **118 mm**

## Cambio de motor

Con la situación final, el motor absorbe una potencia estimada de 2,0 kW (según las relaciones de semejanza):

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \rightarrow P_2 = P_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 = 2,7 \cdot \left(\frac{763}{854}\right)^3 = 1,93 \text{ kW}$$

Se conoce cierto error en estimar la potencia con esta regla. Por ello, se redondea al alza y se toma cierto margen de seguridad.

Se puede instalar un motor de **3 kW**. La mejora del factor de carga se ve reflejada en un ahorro de intensidad de 0,29 A, que supone un ahorro de 0,20 kW de potencia.

MOTOR ACTUAL	
	4 polos
Fabricante	UniversalMotors
Potencia nom del motor	5,5
Intensidad 1 (A)	5
Intensidad 2 (A)	4,95
Intensidad 3 (A)	5
Pot. Util (kW)	1,9356
Tipo ventilador	ADH
P. abs. Ventilador (kW)	1,6831
MOTOR NUEVO	
	4 polos
Fabricante	UniversalMotors
Potencia del motor	3
P. nuevo motor	1,93
I. abs. Nuevo motor	4,6889
I. Nom. Nuevo motor	6,50
cos $\phi$ nuevo	0,72
AHORRO	
	4 polos
Ahorro en I (A)	0,2945
Ahorro en P (kW)	0,2040

Figura 44. Extracto de Hoja de Cálculo

### Análisis de la situación final

UTA 175 IMPULSIÓN		
Inicial	→	Final
11500 m <sup>3</sup> /h	Caudal	10250 m <sup>3</sup> /h
2,7 kW	Consumo	2 kW
5,5 kW	Motor	3 kW
Ahorro por cambio de caudal		188 €/año
Ahorro por cambio de motor		49 €/año
Ahorro total		<b>236 €/año</b>

Retorno UTA 175:

Hay que asegurar que el caudal de retorno es menor que el caudal de impulsión para garantizar la sobrepresión del hospital. En este caso el motor está trabajando

prácticamente a plena carga y el caudal es muy cercano al de diseño. Sin embargo, si se decide reducir aún más el caudal de impulsión, es necesario revisar el caudal de retorno.

### 7.4.3 UTA 174

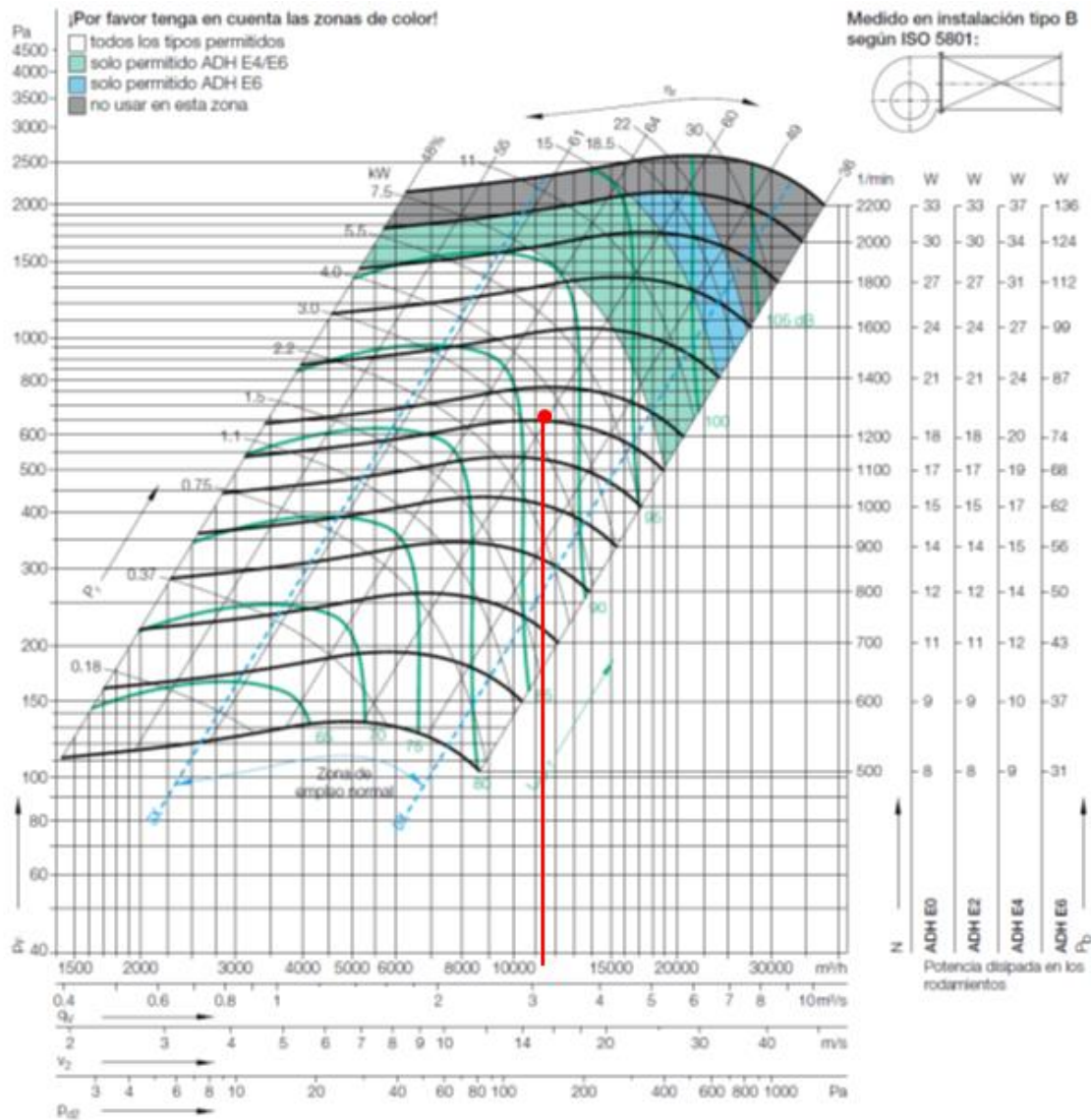
Primera medición y anotación de características.

IMPULSIÓN	
Ventilador	Motor (UNIVERSAL MOTORS)
<b>Modelo:</b> ADH 355L	<b>Arrancador Estrella-Triángulo:</b> SI
<b>Diámetro polea:</b> 170mm	<b>Diámetro polea:</b> 132 mm
<b>Correa:</b> SPA 1382x2	<b>Velocidad motor:</b> 1450 rpm
	<b>Potencia nominal:</b> 5.5 kW
	<b>Intensidad nominal:</b> 11.03 A
	<b>Intensidad medida:</b> 8.18/8.28/8.10 A

RETORNO	
Ventilador	Motor(UNIVERSAL MOTORS)
<b>Modelo:</b> ADH 355L	<b>Arrancador Estrella-Triángulo:</b> NO
<b>Diámetro polea:</b> 60 mm	<b>Diámetro polea:</b> 100 mm
<b>Correa:</b> SPA 1300x2	<b>Velocidad motor:</b> 1420 rpm
	<b>Potencia nominal:</b> 2.2 kW
	<b>Intensidad nominal:</b> 4.84 A
	<b>Intensidad medida:</b> 4.36/4.34/4.28 A

#### Punto de funcionamiento del ventilador de impulsión

Revoluciones del ventilador reales (tacómetro): 1119 rpm  
 Potencia absorbida por el ventilador: 3.4 kW



Gráfica 5. Ventilador ADH 355L

Caudal: **11500 m<sup>3</sup>/h**

Presión: **675 Pa**

### Seguimiento y propuesta de corrección

- Se puede rebajar el caudal aproximándolo al de diseño, de 11500 a 10000 m<sup>3</sup>/h.
- Por otro lado, se tiene un motor de 5,5 kW que sólo está entregando 3,9 kW.
- Se decide disminuir el caudal al de diseño ajustando la relación de transmisión y analizar un posible cambio de motor a uno que trabaje con mejor factor de carga.



### Cambio de la relación de transmisión

$$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow n_2 = \frac{Q_2}{Q_1} \cdot n_1 = \frac{10000}{11500} \cdot 1119 = 973 \text{ rpm}$$

Con una nueva velocidad de 973 rpm, se calcula la nueva polea que debe montar el motor:

$$D'_1 = D_2 \cdot \frac{n_2}{n_1} = 170 \cdot \frac{973}{1450} = 114 \text{ mm}$$

Se elige de catálogo la polea de **112 mm**, de dos canales, que utiliza un casquillo modelo 1610, que sustituye el que estaba modelo 2012.

La polea de 112 mm dará lugar a una velocidad de **955 rpm** y a su vez a un caudal de 9850 m<sup>3</sup>/h

Cambio de polea en el eje motor de **132 mm** → **112 mm**

### Cambio de motor

Con la situación final, el motor absorbe una potencia estimada de 2,4 kW.

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \rightarrow P_2 = P_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 = 3,9 \cdot \left(\frac{955}{1119}\right)^3 = 2,4 \text{ kW}$$

Se puede instalar un motor de **3 kW**. La mejora del factor de carga se ve reflejada en un ahorro de intensidad de 0.25 A, que supone un ahorro de 0.17 kW de potencia.

<b>MOTOR ACTUAL</b>	
	4 polos
Fabricante	UniversalMotors
Potencia nom del motor	5,5
Intensidad 1 (A)	5,8
Intensidad 2 (A)	5,8
Intensidad 3 (A)	5,8
Pot. Util (kW)	2,4137
Tipo ventilador	ADH
P. abs. Ventilador (kW)	2,0989
<b>MOTOR NUEVO</b>	
	4 polos
Fabricante	UniversalMotors
Potencia del motor	3
P. nuevo motor	2,4
I. abs. Nuevo motor	5,5458
I. Nom. Nuevo motor	6,50
cos φ nuevo	0,76
<b>AHORRO</b>	
	4 polos
Ahorro en I (A)	0,2542
Ahorro en P (kW)	0,1761

Figura 45. Extracto de la Hoja de Cálculo

## Situación final

UTA 174 IMPULSIÓN		
Inicial	→	Final
11500 m <sup>3</sup> /h	Caudal	9850 m <sup>3</sup> /h
3,9 kW	Consumo	2,4 kW
5,5 kW	Motor	3 kW
Ahorro por cambio de caudal		332 €/año
Ahorro por cambio de motor		39 €/año
Ahorro total		<b>371 €/año</b>

### 7.4.4 UTA 55. Caso particular

Se dispuso un procedimiento específico para la UTA 55 ya que se habían recibido quejas del personal de que el nivel de **ruido** de esta era excesivo.

Se midió con el analizador de redes el funcionamiento de la UTA la cual mostró una pequeña sobrecarga (3.2 kW siendo la nominal de 3 kW).

El punto funcionamiento resultó ser el normal, incluso impulsar menos caudal que el de diseño, se realizó una visita a la zona afectada para valorar el ruido generado y buscar causas y soluciones

#### Problemas encontrados

1. Las mediciones realizadas con el anemómetro de hilo caliente y el molinillo verificaron que la velocidad de la extracción era demasiado alta, siendo esta aproximadamente de 5 m/s mientras que lo aconsejable en ese tipo de rejilla son 2 - 2.5 m/s.

La impulsión, sin embargo no daba problemas de ruido ni de otro tipo quedando ésta bien dimensionada.

2. Durante la visita de comprobó que además del problema de ruido, existía una mala distribución de las rejillas de impulsión y extracción.

Existía un biombo que separaba la sala en dos zonas diferenciadas. Así, quedaba la **zona A** con tres rejillas de extracción y dos de impulsión, y la **zona B** con tres rejillas de extracción y cinco de impulsión. Esta situación hacía que la zona B estuviera

notablemente más caliente que la A y que en la A, por su disposición respecto a la UTA, tuviera más ruido.

3. Faltaba una rejilla de extracción que si existía en proyecto, por lo que caudal supuesto por esa rejilla debía ser repartido a las restantes aumentando aún más la velocidad en las otras 6.

### **Soluciones propuestas**

1. Como solución propuesta al problema 2 (mala disposición de rejillas) se propuso la instalación de una compuerta que uniera la red de impulsión con la de extracción en la zona encima del biombo, con lo que si se desea utilizar la zona B se abriría la compuerta, y de permanecer esta zona en desuso la compuerta debería permanecer cerrada.
2. El sistema de funcionamiento de la UTA (un solo ventilador para impulsión y el retorno) no permite modificar el comportamiento del conjunto motor ventilador ya que la impulsión si funciona correctamente, el fallo aparentemente se dio en el diseño de conductos. Por lo que la solución adoptada se debería realizar de igual modo en el diseño.  
Por tanto, se propone ampliar el número de rejillas de extracción hasta el de diseño o superior según viera oportuno el personal y así disminuir la velocidad de salida de aire.

## **7.5 Análisis**

A partir de la experiencia adquirida en los casos anteriores (UTAs 24, 175 y 174 principalmente) se ha desarrollado en la base de datos el análisis sobre los datos recogidos, se apuntan los resultados de los cálculos y las conclusiones que se van extrayendo para todas las UTAs con freecooling.

### **7.5.1 Procedimiento general de análisis**

Partiendo de los datos de intensidad eléctrica, relación de poleas y número de revoluciones, se ha seguido el siguiente procedimiento:

- 1) Cálculo de la potencia que absorbe el motor y la potencia que absorbe el ventilador, es decir, la que emplea el ventilador con sus correspondientes pérdidas eléctricas y mecánicas, utilizando la hoja de cálculo Excel.
- 2) Cálculo de la velocidad de giro del ventilador mediante la relación de poleas (en la hoja de cálculo Excel).
- 3) Obtención del punto de funcionamiento mediante gráficas Presión-Caudal de cada tipo de ventilador facilitados por el fabricante: a partir de la potencia absorbida y la velocidad del ventilador calculados en 1 y 2.
- 4) Comparación del caudal real de funcionamiento con el caudal de proyecto y valoración de la diferencia.
- 5) Comparación de la potencia que absorbe el motor con su potencia nominal y valoración del sobredimensionamiento del motor.
- 6) Se anotan observaciones de posibles anomalías y posibilidades de mejora de la situación.

### **7.5.2 Análisis de las Curvas de la Instalación**

Una de las tareas que se realizó fue el estudio de las curvas de la instalación con el objetivo de comprender mejor los efectos de las variaciones en las condiciones de funcionamiento de los ventiladores.

Como es sabido, la curva de la instalación o de la red es aquella que relaciona la altura o pérdida de carga con el caudal que circula por la misma. El punto de funcionamiento del sistema es el punto de corte de esta curva con la curva característica del ventilador.

En la figura siguiente se puede observar una curva de la instalación cortando a las curvas características del mismo ventilador a diferentes velocidades ( $\omega$ ). Además, se puede ver el efecto que tiene la reducción de velocidad en la potencia de accionamiento ( $W_{acc}$ ).

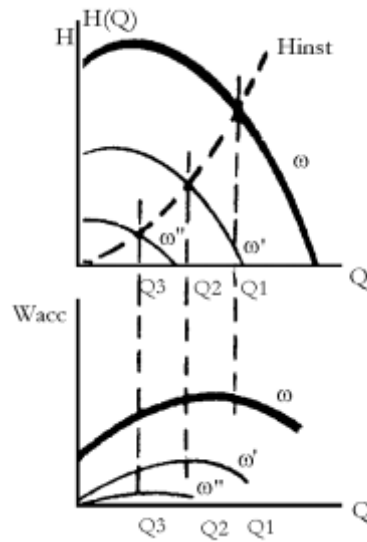


Figura 46. Curva de la instalación

Se estudia su obtención a continuación, ya que es interesante para analizar las variaciones que producen los cambios de velocidad del ventilador.

### Procedimiento analítico

En la primera fase del trabajo, se calculaban las modificaciones de acuerdo a las leyes de semejanza para turbomáquinas pero se comprobó que, al cambiar el punto de funcionamiento, estas leyes no se comportaban con precisión.

$$Q_2 = Q_1 \cdot \left[ \frac{n_2}{n_1} \right] \quad P_2 = P_1 \cdot \left[ \frac{n_2}{n_1} \right]^2 \quad N_2 = N_1 \cdot \left[ \frac{n_2}{n_1} \right]^3$$

Para que se puedan aplicar las ecuaciones de semejanza debe existir una *semejanza geométrica y dinámica*. La primera está perfectamente satisfecha por tratarse del mismo ventilador, pero no la segunda por movernos mucho en las curvas del ventilador y no estar siempre en torno al rendimiento máximo. Esto es debido a que se producen efectos de escala por no conservarse el número de Reynolds y por lo tanto existir un flujo caótico.

Teniendo en cuenta todo lo anterior se comprobó que con las leyes de semejanza nos desplazábamos en las curvas de los ventiladores según direcciones paralelas a las líneas de isorendimiento mientras que el comportamiento real sigue la curva de la instalación (desconocida por no existir registros detallados de las pérdidas de carga de los tramos y componentes de la instalación en función del caudal).

Sin embargo, para el análisis de la reducción de caudal en base a la reducción de velocidad del ventilador se ha tomado válido considerar la curva de la instalación coincidente con la curva de isorendimiento dada por las relaciones de semejanza, es decir, el uso de las expresiones anteriores.

$$\text{Curva de isorendimiento: } P_2 = \frac{P_1}{Q_1^2} Q_2^2 = \text{cte} \cdot Q_2^2$$

### **Procedimiento experimental**

Ante la desinformación que existía con respecto a las pérdidas de carga dinámicas, se decide probar a obtener por vía experimental la curva, quedando el procedimiento comprobado para el cálculo de las UTAs que así lo necesiten en el futuro.

Se decidió calcular las diferentes curvas de la instalación ya que podían ser calculadas con dos puntos porque uno era siempre conocido (el origen de los ejes 0,0) por tratarse de ventiladores y no contar con las pérdidas de carga de la altura geométrica.

Este procedimiento fue empleado para demostrar que lo mencionado anteriormente (emplear las curvas que pasan por dos puntos) da resultados no alejados de la realidad, y que es aplicable.

1. Se acude a una UTA con variador de frecuencia que permite cambiar las revoluciones de giro del ventilador de manera sencilla y rápida (en las UTAs sin variador habría que cambiar tres o más veces la relación de poleas).
2. Se obtuvieron in situ los valores de revoluciones (medidas con tacómetro óptico-digital) y la potencia consumida por el conjunto motor ventilador (medida con Analizador de Redes *Circuitor* en el cuadro eléctrico).

3. Se buscaron en la curva del ventilador instalado en la unidad los cinco puntos de funcionamiento entrando con la potencia consumida y las revoluciones. Al trabajar con aire las pérdidas estáticas de la instalación son casi depreciables por lo que un punto va a ser siempre próximo al (0,0).
4. Mediante el programa de cálculo Excel se desarrolla una curva que sigue una expresión polinómica de segundo orden ya que la expresión de pérdidas es de la forma:

$$H_i = H_g + \frac{8Q^2}{\pi^2 g} \cdot \left( \frac{f \cdot L}{D^5} + \frac{k}{D^4} \right)$$

- **EJEMPLO 1: UTA 61**

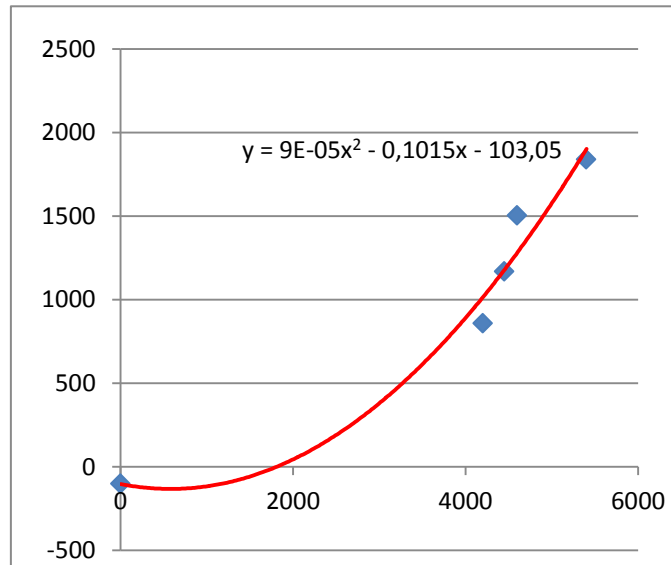
Se empleó el variador de frecuencia para obtener cinco medidas de funcionamiento.

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Altura (Pa)
0	-122
5400	1840
4600	1505
4450	1170
4200	860

La medida de caudal cero se estima en base a la altura a la que hay que ventilar, en este caso la UTA está situada 10m por encima del pasillo al que está destinado el aire, lo cual se traduce en una diferencia de presión negativa de 122 Pa.

$$\Delta P = \rho g H_g \rightarrow \Delta P = 1.24 \cdot 9.8 \cdot 10 = 121.52 \text{ Pa}$$

Se obtuvo curva estimada de la instalación con la que sabremos el comportamiento real de la UTA al variar las condiciones operativas:



Gráfica 6. Estimación de la curva de la instalación

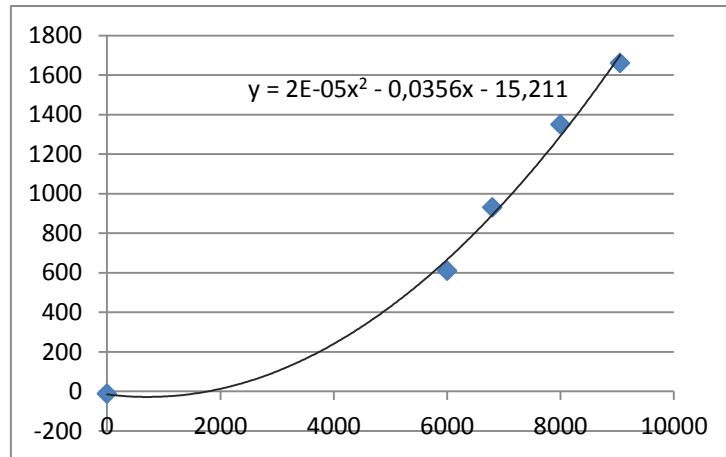
Una vez se tiene la curva de la instalación de la UTA 61, podemos predecir el cambio de comportamiento real de la instalación al variar la velocidad de giro.

- **EJEMPLO 2: UTA 60**

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Presión (Pa)
0	-11,77
9050	1660
8000	1350
6800	930
6000	610

La medida a caudal cero que corresponde a -11,77 Pa fue obtenida en base a la altura a la que está situada la UTA con respecto al pasillo al que corresponde, en este caso está en la pared inmediatamente superior (techo del pasillo) por lo que sólo se considera un metro de altura.





Gráfica 7. Estimación de la curva de la instalación

Con ello se obtuvo una curva caudal-presión que es correlativa a la curva caudal-altura que exige la instalación:

$$P = 2 \cdot 10^{-5}Q^2 - 0.0356Q - 15.211$$

- **EJEMPLO 3: UTA 62**

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Presión (Pa)
0	-11,772
8050	1640
7000	1310
6400	1050
5500	600

Se han representado los puntos en la gráfica de las curvas del ventilador y se ha obtenido la curva en Excel.

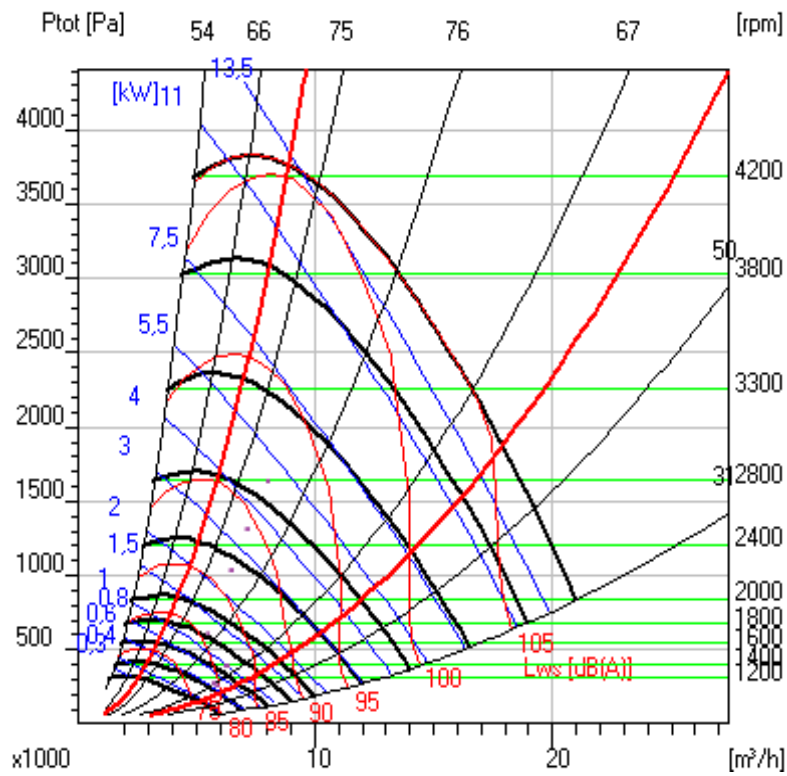
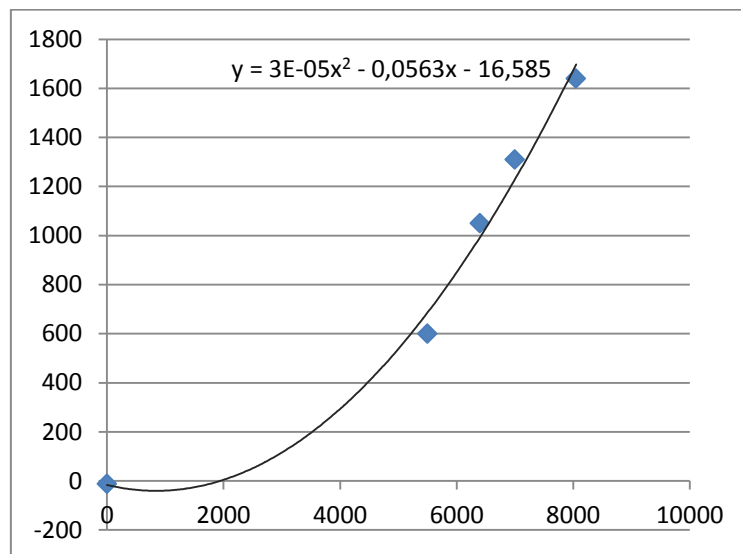


Figura 47. Gráfica del ventilador P-Q, con los puntos medidos



La curva Presión-Caudal obtenida es:

$$P = 3 \cdot 10^{-5} Q^2 - 0.0563 Q - 16.585$$

Como se puede observar el término de primer grado es muy pequeño y puede prescindirse para una mayor sencillez de los cálculos.

### 7.5.3 Fuentes de error conocidas

Es importante destacar que se han tomado como válidos una serie de conceptos, fórmulas, medidas y métodos que tienen una desviación.

Para facilitar el conocimiento, corrección y revisión de este trabajo se expone a continuación una lista de las circunstancias que pudieron afectar a los cálculos realizados que deben ser tenidas en cuenta a la hora de su aplicación:

- Coeficiente de seguridad de los ventiladores ADH-RDH no es el que está habiendo en la realidad en la transmisión, es un coeficiente estimado teórico.
- Precisión de los aparatos de medida. Principalmente de las pinzas amperimétricas.
- Deterioro del motor con respecto al estado de los datos que figuran en los catálogos, que son los que se están tomando como referencia.
- Precisión de entrada y salida de los métodos gráficos.
- No se conservan las leyes de semejanza lejos del rendimiento máximo, no se cumple la semejanza dinámica si se trabaja fuera de la zona de empleo normal acotada por el fabricante. Si se cumple la semejanza geométrica por ser el mismo ventilador.
- Por el deslizamiento de las poleas, no se guarda exactamente la relación de velocidad del motor al ventilador.
- Las curvas de los ventiladores fueron calculados en condiciones estándar (25°C y 1 atm), por lo que al cambiar las situaciones ambiente con respecto a la de ensayo la densidad varía y por lo tanto las curvas también. Por ejemplo, la densidad del aire varía de 0 °C: 1.29 kg/m<sup>3</sup> a 40°C 1.127 kg/m<sup>3</sup>.
- La curva de pérdidas de la instalación no es en realidad una parábola.

## 7.6 Acciones

Una vez realizado el análisis general se conoce el estado de todas las UTAs que se están estudiando y se proponen las siguientes acciones principalmente:

- Reducciones de caudal
- Cambios de motor

Se presentan tres escenarios de actuación diferentes. Sus evaluaciones económicas se presentan en el capítulo posterior.

### Escenario 1: UTA individual

- Se reduce el caudal al caudal de diseño, para ello hay que modificar la relación de transmisión del grupo motor-ventilador.
- Posteriormente, se cambia de motor a uno cuya potencia nominal sea cercana a la potencia que absorbe el motor.

Tomando la UTA 24 como ejemplo (ya descrito en el epígrafe 7.4.1):

UTA 24 IMPULSIÓN		
Inicial	→	Final
18000 m <sup>3</sup> /h	Caudal	14000 m <sup>3</sup> /h
9.2 kW	Consumo	3.7 kW
11 kW	Motor	4 kW

Para este caso:

<b>Inversión</b>	308 €
<b>Ahorro anual</b>	3848 €
<b>Retorno de la inversión</b>	30 días
<b>Ahorro anual en emisiones de CO<sub>2</sub></b>	13,18 tn

## Escenario 2: Reducción del caudal al de diseño y cambio de motores

En este caso, se analizan en grupo todas las UTAs de pasillo para tomar medidas en conjunto.

- Se **reduce el caudal** de aire en aquellas que lo tienen por encima del de diseño. Para ello se calcula el cambio de velocidad y por tanto de polea del grupo motor-ventilador.
- Se **cambia el motor** a uno cuya potencia nominal esté inmediatamente por encima de la potencia que absorbe con el nuevo caudal (o con el antiguo si no se ha reducido nada).
- Se realiza una **redistribución de motores**, de manera que aquellos que se quiten de una UTA, sean utilizados en otra que necesite uno de esa potencia y minimizar la inversión. Se efectúa según el siguiente cuadro:

Potencia Motor	Motores disponibles	Motores solicitados	Motores a comprar
0,75	0	4	4
1,1	3	9	6
1,5	2	9	7
2,2	4	11	7
3	10	9	0
4	15	7	0
5,5	5	6	1
7,5	10	2	0
15	1	1	0
		<b>58</b>	<b>25</b>

<b>Inversión</b>	<b>5705 €</b>
<b>Ahorro anual</b>	<b>58495 €</b>
<b>Retorno de la inversión</b>	<b>36 días</b>
<b>Ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub></b>	<b>197,38 tn</b>

### Escenario 3: Reducción del caudal por aumento de la T de impulsión y cambio de motores

Se analiza este caso por petición del personal de ingeniería del hospital.

Como se conoce el potencial de ahorro en consumo eléctrico que suponen las reducciones del caudal de aire en las UTAs, se realiza un análisis de los efectos de disminuir el caudal de impulsión al aumentar la temperatura del aire impulsado. Esto significa mantener la potencia térmica que se está aportando utilizando menos aire.

PROCEDIMIENTO:

- 1- Se recoge la medida de la temperatura de impulsión actual.
- 2- Se calcula el nuevo caudal de aire:

La cantidad de energía cedida por el agua será constante, por lo tanto, variando el caudal de aire se varía a su vez la temperatura de salida de este:

$$E_{cedida\ H2O} = E_{absorbida\ aire}$$

$$E_{cedida\ H2O} = cte$$

$$Q_{H2O} \cdot (h_{entrada} - h_{salida}) = Q_{aire\ 1} \cdot (h_{salida\ 1} - h_{entrada\ 1})$$

$$Q_{H2O} \cdot (h_{entrada} - h_{salida}) = Q_{aire\ 2} \cdot (h_{salida\ 2} - h_{entrada\ 2})$$

Se supone que el calor específico a presión constante del aire es constante por tratarse de pequeños incrementos de temperatura.

$$h_{aire} = Cp \cdot T$$

$$Q_{aire\ 2} \cdot Cp \cdot (T_{salida\ 2} - T_{entrada\ 2}) = Q_{aire\ 1} \cdot Cp \cdot (T_{salida\ 1} - T_{entrada\ 1})$$

$$Q_{aire\ 2} = Q_{aire\ 1} \cdot \frac{(T_{salida\ 1} - T_{entrada\ 1})}{(T_{salida\ 2} - T_{entrada\ 2})}$$

La temperatura del aire después de la batería de calor ha sido tomada como 38°C y la de entrada será siempre a temperatura de retorno de 20°C.

3- Se calcula la constante de pérdidas k:

El parámetro k define la curva de la instalación determinada según la expresión:

$$P = k Q^2$$

Se tomó como válida esta aproximación de la curva de la instalación donde, para ventiladores, la altura estática no afecta y por lo tanto solo tiene influencia el término elevado al cuadrado.

$$H = -k_1 Q^2 + k_2 Q + k_3$$

Se calcula a partir del punto de funcionamiento actual y considerando paso por el origen de coordenadas.

4- Se calcula la nueva presión.

5- Se estima la nueva potencia que absorberá el motor para el nuevo caudal y la diferencia entre la situación inicial y la nueva.

6- Se calcula la velocidad a la que debe girar el ventilador para impulsar el nuevo caudal.

7- Se observa la diferencia entre la potencia necesaria obtenida y la inicial y se obtiene el ahorro energético y económico.

Estos cálculos están reflejados en una sección de la Base de Datos (Anexo 1).

#### ACCIONES PROPUESTAS:

- Se **reduce el caudal** de aire de acuerdo al procedimiento anterior.
- Se **cambia el motor** a uno cuya potencia nominal esté inmediatamente por encima de la potencia que absorbe con el nuevo caudal.
- Se realiza una **redistribución de motores**, de manera que aquellos que se quiten de una UTA sean utilizados en otra que necesite uno de esa potencia y así minimizar la inversión. Se realiza según el siguiente cuadro:

Potencia motor (kW)	Motores disponibles	Motores solicitados	Motores a comprar
0,37	0	6	6
0,5	1	7	6
0,75	1	37	36
1,1	5	22	17
1,5	16	7	0
2,2	12	7	0
3	2	1	0
4	2	2	0
		<b>89</b>	<b>65</b>

<b>Inversión</b>	8492 €
<b>Ahorro anual</b>	97.137 €
<b>Retorno de la inversión</b>	33 días
<b>Ahorro anual en emisiones de CO2</b>	330,1 tn

#### INCONVENIENTES DEL AUMENTO DE TEMPERATURA DEL AIRE IMPULSADO:

El hecho de impulsar a una temperatura excesivamente alta puede producir **efectos de estratificación en el aire** causados por el cambio de densidad de este gas al variar la temperatura, resultado que el aire caliente impulsado se acumula en la parte superior de la sala y el frío en la inferior.

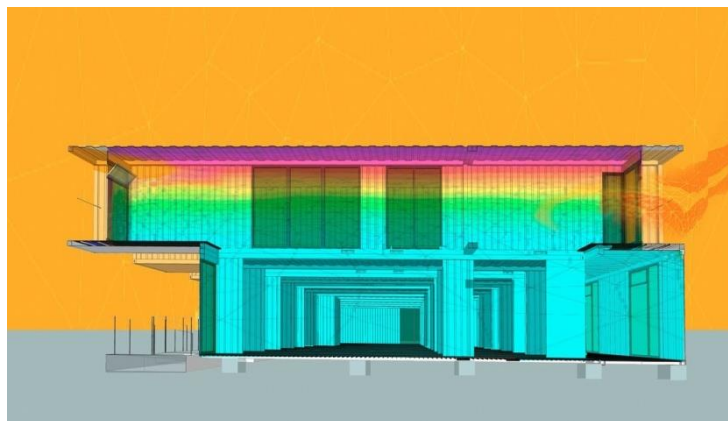


Figura 48. Fenómeno de estratificación del aire



Como efecto indeseado añadido se produce el **Efecto Coanda** por el que la zona interna de la sala queda desatendida de calor al permanecer el fluido pegado a la superficie de contacto (techo y paredes).

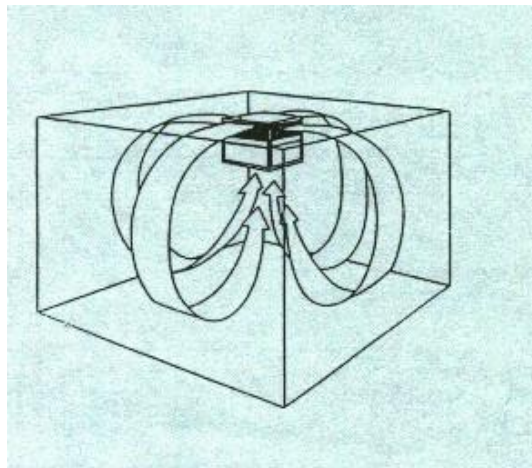


Figura 49. Efecto Coanda



## 8. EVALUACIONES

### 8.1 Evaluación económica

El objetivo principal de este trabajo es obtener un ahorro energético y económico. Una vez detallados los análisis realizados y las medidas propuestas, se procede a evaluar económicamente dichas medidas.

Se han realizado los cálculos para cada uno de los tres escenarios de actuación ya presentados.

Se ha considerado el coste de la mano de obra a pesar de que se trataría de personal de mantenimiento ya contratado. Sin embargo, al considerarse una tarea a mayores del trabajo que realizan se ha preferido contabilizarla.

Cabe destacar que el hecho de ajustar mejor las condiciones operativas de los grupos motor-ventilador a los valores de diseño es algo que no queda reflejado en los números del balance económico. Sin embargo, se consigue un aumento en la vida útil de los sistemas así como menos ruido y mejor funcionamiento, argumentos importantes para incentivar el cambio.

#### 8.1.1 Tarifa eléctrica

El HURH tiene contratada una tarifa eléctrica de **alta tensión 6.1A** por ser el nivel de tensión inferior a 36 kV.

Los detalles de la tarifa (precios, periodos horarios, etc.) se recogen en el ANEXO 2.

La tarifa seleccionada es por periodos y tiene la imposición de que las potencias contratadas ( $P_{n+1}$ ) serán mayores o iguales a la contratada en el periodo anterior ( $P_n$ ). Así, la mayor potencia consumida será en el sexto periodo (pudiendo ser igual que el quinto).

El coste por kWh se estimó en función a los 6 periodos tarifarios distintos basándose en la aportación de cada uno de ellos al total de horas de funcionamiento al año, más una

corrección por las horas reales de uso (esta corrección responde a que el periodo de mayor incidencia es el 6, pero las hora de uso no responden exactamente a las de ese periodo).

Coste estimado: 0,103723 €/kWh

## 8.1.2 Escenarios

### Escenario 1: UTA individual

En este trabajo, se han analizado y estudiado 60 UTAs (que forman el 30% del total del HURH), estos análisis incluyen, como ya se mencionó anteriormente, evaluaciones económicas y de rentabilidad de cambio. Se muestra a continuación el procedimiento para una única UTA (se ha elegido la número 24) entendiendo que el mismo proceso puede ser desarrollado para cada una de las UTAs de pasillo.

Se utilizarán los datos de esta UTA ya explicados anteriormente:

UTA 24 IMPULSIÓN		
Inicial	→	Final
18000 m3/h	Caudal	14000 m3/h
9.2 kW	Consumo	3.7 kW
11 kW	Motor	4 kW

La disminución del caudal de impulsión significa un ahorro en kW anuales. Al precio del kW según el periodo tarifario establecido, el ahorro en euros es:

$$5.5 \text{ kW} \cdot \frac{5475 \text{ horas}}{\text{año}} \cdot \frac{0.103723\text{€}}{\text{kWh}} = 3135\text{€}$$

Una vez establecido el caudal y calculada la nueva potencia absorbida, se cambia el antiguo motor por otro que trabaje en unas condiciones más cercanas a las nominales (tanto el rendimiento como el  $\cos \varphi$  son más favorables) y por lo tanto, el consumo eléctrico del nuevo motor es menor que el del viejo realizando el mismo trabajo.

MOTOR ACTUAL	
	4 polos
tipo de motor	UniversalMotors
potencia del motor	11
Intensidad 1	10
Intensidad 2	9,5
Intensidad 3	9,5
Pot. Util	3,7090
Tipo ventilador	ADH
P.abs. Ventilador	3,2253
NUEVO MOTOR	
	4 polos
tipo de motor	UniversalMotors
potencia del motor	4
P.nuevo motor	3,7
I. abs. Nuevo motor	7,8554
I. Nom. Nuevo motor	8,40
cos φ Nuevo motor	0,81
AHORRO	
	4 polos
Ahorro I. consumida	1,8112
Ahorro Pot. Consumida	1,2549

Figura 50. Extracto de la Hoja de Cálculo

El nuevo motor ahorra una potencia de 1.255 kW con respecto al anterior:

$$1.255 \text{ kW} \cdot \frac{5475 \text{ horas}}{\text{año}} \cdot \frac{0.103723\text{€}}{\text{kWh}} = 713\text{€}$$

El ahorro total, contando ambos ajustes es de:

$$713 \text{ €} + 3135 \text{ €} = \mathbf{3848 \text{ €}}$$

El cambio de motor en esta ocasión supondría la compra de uno nuevo de coste 280€. Se ha decidido contabilizar también el coste por la mano de obra, lo que supone el trabajo de dos operarios durante dos horas, lo que añade un valor de 28€ al coste del motor, en total 308€.

Inversión: **308€**

Con todo ello, el periodo de retorno simple de la inversión resulta:

$$\text{Retorno: } \frac{308\text{€ inversión}}{(713+3135)\frac{\text{€}}{\text{año}}} = 0.08 \text{ años} = \mathbf{30 \text{ días}}$$

## Escenario 2: Reducción del caudal al nominal y cambio de motores

Para el análisis de viabilidad sólo se computan aquellas UTAs en las que los cambios producen un ahorro anual mayor de 100€.

Se ha propuesto un cambio en 58 motores de las UTAs de pasillo. Dichos cambios se reflejan en el siguiente cuadro:

Potencia Motor	Motores disponibles	Motores solicitados	Motores a comprar	Precio de motores	Coste adquisición
0,75	0	4	4	75	300
1,1	3	9	6	100	600
1,5	2	9	7	125	875
2,2	4	11	7	170	1190
3	10	9	0	200	0
4	15	7	0	280	0
5,5	5	6	1	300	300
7,5	10	2	0	350	0
15	1	1	0	380	0
					<b>3265</b>

Para abaratar el proceso, se propone una **redistribución de los motores** dentro del recinto hospitalario de manera que si por ejemplo en un punto se prescinde de un motor de 0,75 kW y ese es necesario en otro lugar, se llevara al nuevo punto de uso.

Con las consideraciones anteriores, se deduce que los operarios de mantenimiento tendrán que instalar o cambiar 58 motores:

$$58 \text{ motores} \cdot 2 \text{ operarios} \cdot 2 \text{ horas} \cdot \frac{7\text{€}}{\text{hora} \cdot \text{operario}} = 1624 \text{ €}$$

Sumando el coste de los 25 nuevos motores y el coste de las nuevas correas y poleas (estimado en un 25% del coste de los motores) se obtiene una inversión inicial de:

$$3265\text{€} + 1624\text{€} + 816\text{€} = 5705 \text{ €}$$

$$\text{Periodo de retorno: } \frac{5705\text{€ inversión}}{58495\frac{\text{€}}{\text{año}}} = 0.098 \text{ años} = 36 \text{ días}$$

Se amortiza la inversión en menos de un año, siendo la ganancia bruta del primer año de 52790€. A partir de ese momento y sin contar el desgaste de material o costes añadidos al proceso se obtiene ahorro anual de: 58495€.

Los números se desglosan por cada UTA según la siguiente tabla:

Nº UTA		Potencia consumida inicial (kW)	Potencia Consumida nueva (kW)	Ahorro cambio caudal (€)	Nuevo Motor (kW)	Ahorro por cambio de motor (kW)	Ahorro por cambio de motor (€)	Ahorro total (€)
36	Imp	3,11	2,22	240	3	1,12	303	543
	Ret	1,76	1,08	184	1,5	0,93	251	434
52	Imp	3,79	-	-	4	1,16	383	383
53	Imp	1,63	-	-	2,2	0,41	141	141
47	Imp	0,8	-	-	1,1	0,32	104	104
54	Imp	4,64	2,69	1036	4	3,62	1919	2955
67	Imp	3,9	-	-	5,5	0,34	195	195
64	Imp	3,65	-	-	4	0,23	204	204
68	Imp	3,43	-	-	4	0,48	130	130
69	Imp	13,6	-	-	15	2,57	1360	1360
	Ret	5,54	-	-	7,5	0,34	180	180
38	Ret	1,05	0,75	67	1,1	0,64	144	211
39	Imp	3,68	1,88	554	5,5	0,51	157	711
	Ret	2,23	1,91	98	-	-	-	98
15/16	Imp	3,72	1,93	1630	3	2,78	2525	4155
15A/ 16A	Imp	4,5	-	-	5,5	1,84	513	513
14A	Imp	3,32	-	-	4	1,11	480	480
	Ret	1,69	-	-	2,2	0,34	147	147
23	Imp	4,61	3,91	478	5,5	1,35	918	1396
	Ret	4,58	3,89	471	-	-	-	471
26	Imp	3,99	2,31	636	3	2,31	875	1511
	Ret	1,98	1,65	125	2,2	0,54	204	329
29	Imp	4,06	3,41	222	4	1,07	364	586
25	Imp	3,92	-	-	5,5	0,35	186	186
28	Imp	4,16	-	-	5,5	0,35	173	173
31	Imp	3,44	1,99	709	3	2,13	1041	1750
24	Imp	9,22	3,70	3135	4	1,36	772	3907
	Ret	5,42	3,41	1141	-	-	-	1141
30	Imp	9,7	5,61	3713	7,5	4,72	4292	8005
	Ret	1,55	-	-	2,2	0,15	140	140
27	Imp	3,39	2,31	981	3	1,91	1732	2713
	Ret	1,4	-	-	2,2	0,16	143	143
35	Imp	2,24	-	-	3	0,18	107	107
112	Imp	1,4	0,44	433	1,1	1,47	660	1093
91	Ret	1,06	0,52	365	0,75	0,74	498	863
94	Ret	1,05	0,51	487	0,75	0,73	661	1148
92	Imp	1,13	0,81	145	2,2	0,01	6	151
	Ret	1,02	0,50	236	0,75	0,71	321	558

95	Imp	1,16	-	-	1,5	0,21	118	118
113	Imp	1,354	0,60	249	1,1	1,18	388	636
	Ret	1,06	0,55	167	0,75	0,80	262	430
133	Imp	1,42	0,86	167	1,1	1,07	319	487
133A	Imp	1,9	0,93	288	1,5	1,60	477	764
135	Imp	1,55	0,76	214	1,1	1,37	370	583
	Ret	1,26	0,73	142	1,1	0,81	218	360
135A	Imp	1,63	0,98	587	1,5	1,20	1093	1680
129	Imp	1,862	1,14	659	1,5	1,08	983	1642
129A	Imp	1,62	0,79	375	1,1	1,61	729	1104
130	Imp	2,36	1,15	640	1,5	1,87	989	1629
130A	Imp	3,14	0,68	1118	1,1	3,54	1608	2726
131	Imp	1,71	0,88	758	1,5	1,24	1126	1884
	Ret	1,33	0,91	378	-	-	-	378
131A	Imp	2,06	1,23	297	2,2	1,36	490	787
	Ret	1,53	1,05	172	-	-	-	172
132	Imp	1,76	1,43	299	2,2	0,34	306	605
132A	Imp	1,76	1,43	149	2,2	0,76	343	493
134	Imp	1,84	-	-	2,2	0,33	173	173
134A	Imp	1,64	0,84	273	1,5	1,39	474	747
136A	Imp	1,65	1,13	154	1,5	1,04	310	464
172	Imp	2,67	2,25	385	3	0,13	119	504
173	Imp	1,59	-	-	2,2	0,34	205	205
174	Imp	3,9	2,38	332	3	0,18	39	371
175	Imp	2,7	1,93	188	3	0,20	49	236

### Escenario 3: Reducción de caudal por aumento de la T de impulsión y cambio de motores

Se propone un cambio de 89 motores, como se refleja en la siguiente tabla:

Potencia motor (kW)	Motores disponibles	Motores solicitados	Motores a comprar	Precio de motores	Coste de adquisición (€)
0,37	0	6	6	50	300
0,5	1	7	6	50	300
0,75	1	37	36	75	2700
1,1	5	22	17	100	1700
1,5	16	7	0	125	0
2,2	12	7	0	170	0
3	2	1	0	200	0
4	2	2	0	280	0
					<b>5000 €</b>



Se realiza una redistribución de los motores dentro del recinto hospitalario de la misma forma que en el escenario anterior. Si en un punto se prescindie de un motor de 0,75 kW y es necesario en otro lugar, se llevará al nuevo punto de uso.

Al coste de los nuevos motores hay que sumar el coste de la mano de obra y de los accesorios de transmisión nuevos.

$$89 \text{ motores} \cdot 2 \text{ operarios} \cdot 2 \text{ horas} \cdot \frac{7\text{€}}{\text{hora} \cdot \text{operario}} = 2492 \text{ €}$$

Poleas y correas (25% coste de motores): 1250 €

La inversión inicial prevista será entonces:

$$5000 \text{ €} + 1250 \text{ €} + 2492 \text{ €} = 8742 \text{ €}$$

A partir de ese momento y sin contar el desgaste de material o costes añadidos al proceso se obtiene un ahorro anual de 97.137 € que se desglosa según la tabla a continuación.

El periodo simple de retorno es:

$$\frac{8742 \text{ € inversión}}{97137 \frac{\text{€}}{\text{año}}} = 0.090 \text{ años} = 33 \text{ días}$$

Así, la inversión será amortizada en menos de un año, siendo la ganancia bruta del primer año de 88.395€.

Nº UTA		Potencia absorbida inicial	Potencia absorbida nueva	Ahorro (€)	Motor necesario (kW)
36	Imp	2,70 kW	0,40 kW	728	0,75
	Ret	1,53 kW	0,22 kW	414	0,37
51	Imp	1,00 kW	0,15 kW	407	0,37
	Ret	0,85 kW	0,18 kW	339	0,37
42	Ret	1,81 kW	0,42 kW	535	0,75
52	Ret	2,13 kW	0,75 kW	559	1,1
53	Imp	1,45 kW	0,54 kW	369	0,75
	Ret	1,40 kW	0,65 kW	321	0,75
47	Ret	1,28 kW	0,15 kW	429	0,5
54	Imp	4,14 kW	2,00 kW	1390	2,2
	Ret	2,60 kW	0,30 kW	1421	0,5
48	Imp	4,01 kW	1,80 kW	910	2,2
	Ret	2,43 kW	1,00 kW	606	1,5
67	Imp	3,39 kW	0,78 kW	1759	1,1
	Ret	1,80 kW	0,42 kW	936	1,1

64	Imp	3,18 kW	3,20 kW	406	4
	Ret	2,01 kW	2,20 kW	0	3
68	Imp	2,98 kW	1,38 kW	556	2,2
	Ret	1,33 kW	0,45 kW	293	1,1
69	Imp	11,85 kW	3,20 kW	5474	4
	Ret	4,82 kW	1,30 kW	2232	2,2
66	Imp	13,87 kW	0,60 kW	10100	1,1
	Ret	2,83 kW	0,40 kW	1882	0,75
38	Imp	1,94 kW	1,26 kW	217	1,5
39	Imp	3,20 kW	1,96 kW	527	2,2
	Ret	1,94 kW	1,10 kW	346	1,5
15/16	Imp	3,23 kW	0,40 kW	2996	0,75
	Ret	2,10 kW	0,35 kW	1859	0,75
15A/16A	Imp	3,91 kW	1,73 kW	766	2,2
13	Imp	1,15 kW	0,24 kW	276	0,5
13A	Imp	9,08 kW	0,60 kW	2923	0,75
14A	Imp	2,89 kW	0,52 kW	1203	1,1
	Ret	1,48 kW	0,37 kW	567	0,75
14	Imp	2,63 kW	0,98 kW	468	1,5
	Ret	1,36 kW	0,40 kW	265	0,75
26	Imp	3,48 kW	0,40 kW	1350	0,75
29	Imp	3,53 kW	0,65 kW	1154	1,1
	Ret	2,28 kW	0,25 kW	802	0,5
25	Imp	3,40 kW	0,39 kW	1858	0,75
	Ret	1,94 kW	0,35 kW	990	0,5
28	Imp	3,62 kW	0,85 kW	1609	1,5
	Ret	2,20 kW	0,35 kW	1060	0,75
31	Imp	2,99 kW	0,78 kW	1293	1,5
	Ret	1,98 kW	0,35 kW	933	0,75
24	Imp	8,02 kW	0,80 kW	4748	1,1
	Ret	4,71 kW	0,30 kW	2887	0,75
30	Imp	8,44 kW	1,15 kW	7714	1,5
	Ret	1,34 kW	0,35 kW	1083	0,75
35	Imp	1,95 kW	0,30 kW	1131	0,75
	Ret	1,57 kW	0,35 kW	851	0,75
112	Imp	1,22 kW	0,32 kW	481	0,5
91	Imp	1,23 kW	0,85 kW	382	1,5
	Ret	0,92 kW	0,75 kW	208	1,5
92	Imp	0,98 kW	0,25 kW	397	0,75
	Ret	0,89 kW	0,25 kW	347	0,75
95	Imp	1,01 kW	0,65 kW	286	1,1
	Ret	0,82 kW	0,45 kW	273	0,75
135	Imp	1,35 kW	0,42 kW	304	0,75
	Ret	1,09 kW	0,37 kW	239	0,75
135A	Imp	1,42 kW	0,55 kW	974	1,1

	Ret	1,03 kW	0,60 kW	523	1,1
129	Imp	1,62 kW	0,27 kW	1436	0,75
	Ret	0,89 kW	0,25 kW	704	0,75
129A	Imp	1,40 kW	0,55 kW	483	1,1
	Ret	1,14 kW	0,50 kW	365	1,1
130A	Imp	2,73 kW	0,52 kW	1182	1,1
131	Imp	1,49 kW	0,70 kW	911	1,5
	Ret	1,16 kW	0,55 kW	704	1,1
131A	Imp	1,79 kW	0,30 kW	629	0,5
132	Imp	1,53 kW	0,33 kW	1290	0,75
	Ret	1,15 kW	0,20 kW	1011	0,5
132A	Imp	1,53 kW	0,35 kW	636	0,75
	Ret	1,15 kW	0,35 kW	438	0,75
134	Imp	1,60 kW	0,37 kW	774	0,75
	Ret	0,96 kW	0,37 kW	389	0,75
134A	Imp	1,42 kW	0,60 kW	352	1,1
136	Imp	1,44 kW	0,35 kW	352	0,75
	Ret	0,99 kW	0,35 kW	212	0,75
136A	Imp	1,44 kW	0,50 kW	340	1,1
	Ret	1,03 kW	0,40 kW	230	1,1
172	Imp	2,32 kW	0,91 kW	1588	1,5
	Ret	1,44 kW	0,40 kW	1128	1,1
173	Imp	1,38 kW	0,40 kW	716	1,1
	Ret	1,52 kW	0,25 kW	896	0,75
174	Imp	3,40 kW	0,50 kW	740	1,1
	Ret	1,64 kW	0,40 kW	324	0,75
175	Imp	2,35 kW	0,50 kW	532	0,75
	Ret	1,80 kW	0,35 kW	423	0,75

## 8.2 Evaluación ambiental

El estudio de impacto ambiental puede ser efectuado desde numerosos frentes. En la temática de este TFM se podría plantear desde el punto de vista de la generación de calor, o atendiendo al consumo eléctrico.

En el proceso de optimización del sistema de climatización no se alteró la temperatura del fluido caloportador, se aplican reducciones de caudal de aire, que significan ahorros de consumo eléctrico.

En términos de impacto ambiental, las mejoras propuestas no afectan a la generación de CO<sub>2</sub> por procesos de combustión.

Por otro lado, considerando que todos los cambios efectuados en las UTAs tienen como objetivo la reducción de consumo eléctrico y que esta reducción también significa que la energía ahorrada son emisiones de CO<sub>2</sub> no realizadas, se deduce que la disminución de consumo eléctrico conlleva a su vez una disminución en kg de CO<sub>2</sub> emitidos.

Se toma un valor de **0,35 kg CO<sub>2</sub>/kWh** del mix eléctrico español. Es un valor que varía sensiblemente según la época del año y las tecnologías de producción de energía en funcionamiento en el territorio del país.

### **Escenario 1**

$$37.668 \text{ kWh ahorrados} \cdot 0,35 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{kWh}} \cdot \frac{1 \text{ tn CO}_2}{1000 \text{ kg CO}_2} = 13,184 \text{ tn CO}_2 \text{ (año)}$$

### **Escenario 2**

$$563.952 \text{ kWh ahorrados} \cdot 0,35 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{kWh}} \cdot \frac{1 \text{ tn CO}_2}{1000 \text{ kg CO}_2} = 197,383 \text{ tn CO}_2 \text{ (año)}$$

### **Escenario 3**

$$943.098 \text{ kWh ahorrados} \cdot 0,35 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{kWh}} \cdot \frac{1 \text{ tn CO}_2}{1000 \text{ kg CO}_2} = 330,084 \text{ tn CO}_2 \text{ (año)}$$

## 9. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS

### CONCLUSIONES

- Se ha realizado un seguimiento del funcionamiento general y particular de los sistemas de climatización, su tipología y características de las instalaciones del nuevo Hospital Universitario Río Hortega.
- Se ha estudiado y realizado una búsqueda de la información del proyecto de ejecución de la obra y los manuales de los diferentes equipos que forman la instalación.
- Se ha aprendido el uso de los diferentes equipos de medida.
- Se han realizado medidas de los consumos eléctricos, las velocidades del aire, las secciones de paso y el caudal en tres UTAs elegidas en primer lugar, para experimentar las distintas acciones sobre el ajuste de los caudales.
- Se ha desarrollado una base de datos informática para incluir los datos de equipos instalados y las condiciones de funcionamiento reales.
- Se ha desarrollado una hoja de cálculo para automatizar los cálculos necesarios para analizar los datos recogidos.
- Se ha analizado el funcionamiento de los sistemas de climatización: para evaluar lo que difieren del caudal de diseño y el sobredimensionamiento de motores. Como valor medio los motores analizados están **2,1 kW** sobredimensionados.
- Se han propuesto acciones para ajustar los caudales a los valores de funcionamiento de diseño o valores nuevos más adecuados. Con un valor de reducción de alrededor de **48000 m<sup>3</sup>/h** en el conjunto de UTAs con freecooling.

- Se ha calculado el ahorro económico en gasto eléctrico para el hospital. Con un valor de **ahorro anual de 58495 €** (para el conjunto de acciones del *escenario 2*).
- Se ha calculado el ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub> ligadas al gasto energético. Se ha estimado en **197,4 tn CO<sub>2</sub> anuales** aplicando el conjunto de medidas propuesto como *escenario 2*.
- Se han analizado y resuelto incidencias puntuales (como ruidos, altas velocidades de salida de aire, corrientes de aire).

## DESARROLLOS FUTUROS

Las medidas de ajuste tomadas en las Unidades de Tratamiento de Aire en cuanto al caudal que mueven conllevan grandes ahorros amortizables en muy poco tiempo. Cabe pensar que cualquier esfuerzo en mejorar la eficacia de la climatización, su regulación y su ajuste a las necesidades merece mucho la pena.

Como posibles estudios futuros se propone:

- Estudiar la implantación de **variadores de frecuencia** en los motores que mueven los ventiladores de las UTAs. Se podría ajustar el caudal en función de las necesidades en cada momento según se programe.
- Revisar el funcionamiento del **ventilador de retorno**. Se ha observado que su utilización hace que el ventilador de impulsión consuma más (medidos consumos con analizador de redes), probablemente al tener un exceso de aire proporcionado por el de retorno.
- **Extender el estudio** del funcionamiento real de caudales de aire y de dimensionamiento de motores a la totalidad de las UTAs del hospital (el 70% restante). Bastaría con introducir los consumos de intensidad de los motores en la hoja de cálculo e ir rellenando la base de datos consultando las gráficas de cada ventilador, tal y como se ha hecho en este TFM.

- Instalación de **compuertas** en los conductos de aire en lugares puntuales donde el desuso de parte de la instalación hace que parte del caudal esté desaprovechado. genera que si se cierra esa parte, el consumo caiga notablemente.
- Cambio del sistema de control a uno por **demanda de temperatura**, para ello se debería colocar una sonda de temperatura en el local a climatizar para que se ajuste al número de personas o carga térmica en cada momento y no se esté climatizando un espacio vacío.
- Instalación de sondas de **calidad de aire** para el arranque o parada en función de la composición del aire en el local a climatizar.
- Particularmente, para evitar **corrientes** en el Hall principal inferior, se debe revisar la velocidad de las puertas automáticas correderas. Se ha llegado a la conclusión de que aumentando la velocidad de cierre de ambas puertas, de forma que no estén simultáneamente abiertas, se solventaría el problema de las corrientes, el frío y con ello la ineficacia del sistema de climatización de esa zona (se aumenta el caudal de aire para contrarrestar el malestar por las corrientes de aire).





## 10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Soler & Palau, *Manual Práctico de Ventilación*
  
- [2] Francisco Javier Rey Martínez, Eloy Velasco Gómez, *Sistemas de Climatización*, Curso de Postgrado: Especialista en Ingeniería de Climatización: Valladolid, 2001
  
- [3] Francisco Javier Rey Martínez, Eloy Velasco Gómez, *Calidad de ambientes interiores* Madrid [etc.]: Thomson, 2007
  
- [4] Jesús Fraile Mora, *Máquinas Eléctricas* Madrid: McGrawHill, 2003
  
- [5] Manuel Cortés Cherta, *Máquinas síncronas y motores C.A. de colector* Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1995
  
- [6] Francisco Charte Ojeda, *Manual avanzado de Excel 2007* Madrid: Anaya Multimedia, 2007
  
- [7] George F. Wislicenus, *Fluid Mechanics of Turbomachinery* New York: Dover, 1965
  
- [8] Carl Pfleiderer, *Bombas Centrifugas y Turbocompresores* Barcelona [etc.]: Labor, 1959



## **ANEXO 1. Tablas de la Base de Datos**



**UTAs con freecooling – Ordenadas por edificio**

Nº UTA		Edificio	Modelo ventilador	Modelo Motor	Correa	Horas año	Pot Motor	Pot útil	pot abs ventilador
36	Imp	A1 (Zona expositores N0)	ADH 315L	UM	SPZ 1462x2	2607 h	4,0 kW	3,11 kW	2,70 kW
	Ret		ADH 315L	UM	SPZ 1237x2	2607 h	2,2 kW	1,76 kW	1,53 kW
37	Imp	A1 (Salón de actos N0)	ADH 450L	UM	SPA 1732x3	1043 h	9,2 kW	2,98 kW	2,59 kW
	Ext		ADH 160L	UM	SPZ 737x1	1043 h	0,37 kW		
	Ret		ADH 450L	UM	XPZ 1800x2	1043 h	4,0 kW	1,35 kW	1,17 kW
51	Imp	A1 (Pasillo N1)	RDH 250L	UM	XPZ 1337x2	4120 h	2,2 kW	1,11 kW	1,00 kW
	Ret		ADH 225L	UM	SPZ 887x2	4120 h	1,1 kW	0,98 kW	0,85 kW
42	Imp	A2 (Pasillo N0)	RDH 500L	UM	XPA 1800x3	3129 h	11,0 kW	3,42 kW	3,05 kW
	Ret		ADH 500L	UM	SPZ 2120X2	3129 h	4,0 kW	2,08 kW	1,81 kW
52	Imp	A3 (Pasillo N1)	RDH 500L	UM	SPA 2182X3	3194 h	11,0 kW	3,79 kW	3,38 kW
	Ret		ADH 500L	-	SPZ 2037X2	3194 h	4,0 kW	2,45 kW	2,13 kW
53	Imp	A3 (Pasarela N1)	RDH 355L	-	SPZ 1737X2	3285 h	5,5 kW	1,63 kW	1,45 kW
	Ret		ADH 335	UM	SPZ 1662X2	3285 h	2,2 kW	1,60 kW	1,40 kW
47	Imp	A3 (Pasarela N0)	RDH 315L	SIEM	XPZ 1537X2	3129 h	4,0 kW	0,80 kW	0,72 kW
	Ret		ADH 315L	UM	SPZ 1662X2	3129 h	2,2 kW	1,48 kW	1,28 kW
54	Imp	A4 (Pasillo N1)	RDH 500L	UM	XPA 1800x3	5110 h	11,0 kW	4,64 kW	4,14 kW
	Ret		ADH 500L	-	SPZ 2037X2	5110 h	4,0 kW	3,00 kW	2,60 kW
48	Imp	A4 (Pasillo N0)	RDH 500L	UM	SPA 1882X3	3285 h	11,0 kW	4,49 kW	4,01 kW
	Ret		ADH 500L	-	SPZ 1237X2	3285 h	4,0 kW	2,79 kW	2,43 kW
67	Imp	A5 (Vestíbulo N1)	ADH 450L	SIEM	SPA 1782X2	5475 h	7,5 kW	3,90 kW	3,39 kW
	Ret		ADH 450L	-	SPZ 1787X2	5475 h	3,0 kW	2,08 kW	1,80 kW
64	Imp	A6 (Hall N0)	ADH 400L	UM	SPA 1657X2	8760 h	7,5 kW	3,65 kW	3,18 kW
	Ret		ADH 400L	UM	SPZ 1512X2	8760 h	3,0 kW	2,31 kW	2,01 kW
68	Imp	A6 (Sala VIP y escaleras)	ADH 450L	UM	SPA 1782X3	2634 h	9,2 kW	3,43 kW	2,98 kW
	Ret		ADH 450L	UM	SPZ 1937X2	2634 h	4,0 kW	1,53 kW	1,33 kW
69	Imp	A6 (N3)	ADH 800K	UM	SPA 2300X4	5110 h	22,0 kW	13,60 kW	11,85 kW
	Ret		ADH 710L	UM	SPA 2120X3	5110 h	9,2 kW	5,54 kW	4,82 kW
66	Imp	A7 (Cafetería público N1 y Office Cafet)	ADH 630K	UM	SPB 2410X3	6388 h	18,5 kW	15,95 kW	13,87 kW
	Ext		ADH 180L	UM	SPZ 800X1	6388 h	0,55 kW		
	Ret		ADH 630L	UM	SPA 2482X2	6388 h	5,5 kW	3,26 kW	2,83 kW
38	Imp	BIBLIOTECA	ADH 355L	WEG	XPA 1557X2	2173 h	5,5 kW	2,23 kW	1,94 kW
	Ret		ADH 355L	WEG	SPZ 1662X2	2173 h	2,2 kW	1,05 kW	0,91 kW
39	Imp	BIBLIOTECA	ADH 355L	WEG	SPA 1482X2	2972 h	7,5 kW	3,68 kW	3,20 kW
	Ret		ADH 315L	WEG	XPZ 1487X2	2972 h	3,0 kW	2,23 kW	1,94 kW
15/ 16	Imp	B1 (Pasillo N0 de B3)	ADH 400K	UM	SPA 1857X3	8760 h	9,2 kW	3,72 kW	3,23 kW
	Ext		ADH 225L	UM	SPA 1853x3	8760 h	0,75 kW	0,54 kW	0,41 kW
	Ret		ADH 400L	UM	SPZ 1787x2	8760 h	4,0 kW	2,41 kW	2,10 kW
15A/ 16A	Imp	B1 (N0 exterior)	ADH 500K	UM	SPA 1957x3	2686 h	15,0 kW	4,50 kW	3,91 kW
	Ext			UM	SPZ 800x1	2686 h	0,37 kW		
	Ret		ADH 500L	UM	SPA 1932x1	2686 h	5,5 kW	2,68 kW	2,32 kW
13	Imp	B3 (Pasillo interior N1)	ADH 250L	UM	SPZ 1312x2	2477 h	3,0 kW	1,32 kW	1,15 kW
	Ext		ADH 225L	UM	SPZ 925x1	2477 h	0,37 kW		
	Ret		ADH 250L	UM	XPZ 950x2	2477 h	1,1 kW	1,00 kW	0,87 kW
13A	Imp	B3 (exterior N1)	ADH 630L	UM	SPA 2432x3	2884 h	15,0 kW	10,44 kW	9,08 kW
	Ret		ADH 630L	UM	SPA 2732x2	2884 h	5,5 kW	2,47 kW	2,15 kW



Nº UTA		velocidad motor	polea motor	polea ventilad	velocidad ventilador	Caudal de proyecto	Punto de funcionamiento		Diferencia caudales	Diferencia potencias
							Caudal (m3/h)	Presión (Pa)		
36	Imp	1430	132	140	1348	7330	8200	730	870	0,89
	Ret	1420	100	150	947	7000	8000		1000	0,44
37	Imp	1460	95	200	694	15000	13000	425	-2000	6,22
	Ext	1370	90	85	1451	1250				
	Ret	1430	67	200	479	14000	12000		-2000	2,65
51	Imp	2840	125	125	2840	4200	4500	325	300	1,09
	Ret	1400	85	85	1400	4000	4100		100	0,12
42	Imp	1445	150	200	1084	18650				7,58
	Ret	1440	125	315	571	16000	12500		-3500	1,92
52	Imp	1445	190	224	1226	19000	-			7,21
	Ret	1440	125	280	643	18000	11500		-6500	1,55
53	Imp	2930	170	250	1992	9500	4700	800	-4800	3,87
	Ret	1430	106	170	892	9000	7500		-1500	0,6
47	Imp	2930	106	150	2071	8000	2500	700	-5500	3,2
	Ret	1430	106	160	947	7500	7200		-300	0,72
54	Imp	1445	150	150	1445	19100	22500	180	3400	6,36
	Ret	1440	125	280	643	18000	14000		-4000	1
48	Imp	1445	190	190	1445	19000	17000	550	-2000	6,51
	Ret	1440	125	280	643	18000	14000		-4000	1,21
67	Imp	1450	100	170	853	13500	12500	630	-1000	3,6
	Ret	1410	118	224	743	13000	12500		-500	0,92
64	Imp	1440	100	150	960	12500	11500	650	-1000	3,85
	Ret	1420	106	200	753	12000	11000		-1000	0,69
68	Imp	1460	100	190	768	15300	14000	500	-1300	5,77
	Ret	1430	106	280	541	14500	11000		-3500	2,47
69	Imp	1470	190	450	621	42000	25000	900	17000	8,4
	Ret	1460	150	450	487	40000	22500		17500	3,66
66	Imp	1470	180	315	840	30000	25000	1100	-5000	2,55
	Ext	1370	95	85	1531	2250				
	Ret	1450	132	400	479	28000	18000		10000	2,24
38	Imp	1450	95	150	918	10000	9100	460	-900	3,27
	Ret	1410	67	190	497	9500	10000		500	1,15
39	Imp	1455	100	132	1102	9000	11000	650	2000	3,82
	Ret	1400	100	140	1000	8500	9000		500	0,77
15/ 16	Imp	1460	132	250	771	12700	15000	400	2300	5,48
	Ext	1380	85	106	1107					0,21
	Ret	1430	118	200	844	12000	10000		-2000	1,59
15A/ 16A	Imp	1460	106	224	691	18900	17000	540	-1900	10,5
	Ext	1370	90	85	1451					
	Ret	1450	100	280	518	17200	17000		-200	2,82
13	Imp	2870	71	140	1456	4560	4500	560	-60	1,68
	Ext	1370	85	118	987	2600				
	Ret	1400	85	95	1253	4560	4500		-60	0,1
13A	Imp	1460	180	315	834	27700	16000	970	11700	4,56
	Ret	1450	132	500	383	27700	23000		-4700	3,03



		Cambio de Caudal por aumento de T de impulsión						34227
Nº UTA	T impulsión	1-Caudal para impulsión a 38	2- k	3- Presión nueva	4-Potencia útil motor	5-Nueva rpm ventilador	Ahorro en Euros	
36	Imp	29	4100	1,0857E-05	183	0,40 kW	680	733
	Ret							
37	Imp	35	10833	2,5148E-06	295	1,61 kW	590	148
	Ext							
	Ret							
51	Imp	28,7	2175	1,6049E-05	76	X		
	Ret							
42	Imp	28,9	0					
	Ret							
52	Imp	33	#¡VALOR!					
	Ret							
53	Imp	32,1	3159	3,6215E-05	362	0,54 kW	1300	371
	Ret							
47	Imp	33	1806	1,1200E-04	365	0,38 kW	1450	136
	Ret							
54	Imp	28,1	10125	3,5556E-07	36			
	Ret							
48	Imp	33,2	12467	1,9031E-06	296	1,80 kW	1100	917
	Ret							
67	Imp	29,9	6875	4,0320E-06	191	0,78 kW	480	1772
	Ret							
64	Imp	39,2	12267	4,9149E-06	740	X		
	Ret							
68	Imp	32,9	10033	2,5510E-06	257	1,38 kW	550	560
	Ret							
69	Imp	31,1	15417	1,4400E-06	342	3,20 kW	375	5512
	Ret							
66	Imp	25,3	7361	1,7600E-06	95	X		
	Ext							
	Ret							
38	Imp	35	7583	5,5549E-06	319	1,26 kW	780	219
	Ret							
39	Imp	35	9167	5,3719E-06	451	1,96 kW	880	530
	Ret							
15/16	Imp	24,1	3417	1,7778E-06	21	X		
	Ext							
	Ret							
5A/16	Imp	33,1	12372	1,8685E-06	286	1,73 kW	500	772
	Ext							
	Ret							
13	Imp	29,8	2450	2,7654E-05	166	0,24 kW	780	277
	Ext							
	Ret							
13A	Imp	25,1	4533	3,7891E-06	78	X		
	Ret							



		Propuesta de reducción de CAUDAL							
Nº UTA		1-Nuevo Caudal	2-Nueva rpm	3-Nueva Polea M	4-Polea comercial	5-rpm ventilador	6-Caudal	7-Nueva Pot. Util de motor	Ahorro en Euros
36	Imp	7300	1200	117	118	1205	7330	2,22 kW	240
	Ret	7000	829	88	85	805	6800	1,08 kW	184
37	Imp								0
	Ext								0
51	Ret								0
	Imp								0
42	Ret								0
	Imp								0
52	Ret								0
	Imp								0
53	Ret								0
	Imp								0
47	Ret								0
	Imp								0
54	Ret	19000	1220	127	125	1204	18750	2,69 kW	1036
	Imp								0
48	Ret								0
	Imp								0
67	Ret								0
	Imp								0
64	Ret								0
	Imp								0
68	Ret								0
	Imp								0
69	Ret								0
	Imp								0
66	Ret								0
	Ext								0
	Imp								0
38	Ret	9000	447	60	60	445	8955	0,75 kW	67
	Imp	9000	902	82	80	882	8800	1,88 kW	554
39	Ret	8500	944	94	95	950	8550	1,91 kW	98
	Imp	12500	643	110	106	619	12045	1,93 kW	1630
15/ 16	Ret								0
	Ext								0
15A / 16A	Ret								0
	Ext								0
13	Ret								0
	Ext								0
13A	Ret								0
	Imp								0





		Propuesta de cambio de MOTOR			Ahorro Total
Nº UTA		Nuevo Motor	Ahorro en Pot. Util	Ahorro en Euros	59907
36	Imp	3,0 kW	1,119	303	543
	Ret	1,5 kW	0,927	251	434
37	Imp	4,0 kW	0,487	53	53
	Ext			0	0
	Ret	2,2 kW	0,331	36	36
51	Imp	1,5 kW	0,077	33	33
	Ret			0	0
42	Imp			0	0
	Ret	3,0 kW	0,100	32	32
52	Imp	4,0 kW	1,157	383	383
	Ret	3,0 kW	0,056	19	19
53	Imp	2,2 kW	0,413	141	141
	Ret			0	0
47	Imp	1,1 kW	0,319	104	104
	Ret			0	0
54	Imp	4,0 kW	3,621	1919	2955
	Ret			0	0
48	Imp	5,5 kW	1,372	467	467
	Ret	3,0 kW	0,025	9	9
67	Imp	5,5 kW	0,343	195	195
	Ret			0	0
64	Imp	4,0 kW	0,225	204	204
	Ret			0	0
68	Imp	4,0 kW	0,476	130	130
	Ret	2,2 kW	0,340	93	93
69	Imp	15,0 kW	2,566	1360	1360
	Ret	7,5 kW	0,339	180	180
66	Imp			0	0
	Ext			0	0
	Ret			0	0
38	Imp	3,0 kW	0,212	48	48
	Ret	1,1 kW	0,641	144	211
39	Imp	5,5 kW	0,510	157	711
	Ret			0	98
15/ 16	Imp	3,0 kW	2,779	2525	4155
	Ext			0	0
	Ret	3,0 kW	0,071	65	65
15A / 16A	Imp	5,5 kW	1,840	513	513
	Ext			0	0
	Ret	3,0 kW	0,123	34	34
13	Imp	1,5 kW	0,203	52	52
	Ext			0	0
	Ret			0	0
13A	Imp			0	0
	Ret			0	0

Nº UTA		Edificio	Modelo ventilador	Modelo Motor	Correa	Horas año	Pot Motor	Pot útil	pot abs ventilador
14A	Imp	B3	ADH 450K	UM	SPA 1900x3	4171 h	11,0 kW	3,32 kW	2,89 kW
	Ret		ADH 450L	UM	SPZ 1800x2	4171 h	4,0 kW	1,69 kW	1,48 kW
14	Imp	B3	ADH 355L	UM	SPA 1732x2	2216 h	5,5 kW	3,03 kW	2,63 kW
	Ext		ADH 225L	-	SPZ 950x1	2216 h	1,1 kW	0,69 kW	0,53 kW
	Ret		ADH 355L	-	SPZ 1312x2	2216 h	2,2 kW	1,56 kW	1,36 kW
23	Imp	D1 (Pasillo N2)	ADH 450	-	SPA 1732X3	6570 h	11,0 kW	4,61 kW	4,01 kW
	Ext		ADH 160L			6570 h			
	Ret		ADH 450	-	SPA 1900X2	6570 h	5,5 kW	4,58 kW	3,99 kW
26	Imp	D1 (Pasillo N1)	ADH 450L	-	SPA 1800x2	3650 h	7,5 kW	3,99 kW	3,48 kW
	Ret		ADH 450L	-	SPZ 1987X2	3650 h	3,0 kW	1,98 kW	1,72 kW
29	Imp	D1 (Pasillo N0)	ADH 450L	UM	SPA 1800x2	3285 h	7,5 kW	4,06 kW	3,53 kW
	Ret		ADH 450L	UM	SPZ 1987X2	3285 h	3,0 kW	2,62 kW	2,28 kW
25	Imp	D2 (Pasillo N2)	ADH 450L	UM	SPA 1782X2	5110 h	7,5 kW	3,92 kW	3,40 kW
	Ret		ADH400	WEG	SPZ 1650X2	5110 h	4,0 kW	2,23 kW	1,94 kW
28	Imp	D2 (Pasillo N1)	ADH 450L	UM	SPA 1800x2	4719 h	7,5 kW	4,16 kW	3,62 kW
	Ret		ADH 400	-	SPZ 1650X2	4719 h	4,0 kW	2,53 kW	2,20 kW
31	Imp	D2 (Pasillo N0)	ADH 450L	UM	SPA 1800x2	4719 h	7,5 kW	3,44 kW	2,99 kW
	Ret		ADH 400	-	SPZ 1650X2	4719 h	4,0 kW	2,27 kW	1,98 kW
24	Imp	E2 (Pasillo N2 - Estancia ambulat.)	ADH 450L	SIEM	SPA 1957x3	5475 h	11,0 kW	9,22 kW	8,02 kW
	Ret		ADH 450L	UM	SPA 1932X2	5475 h	5,5 kW	5,42 kW	4,71 kW
30	Imp	E2 (Pasillo N0 - Seg. informática)	ADH 450L	ABB	SPA 2082X2	8760 h	9,2 kW	9,70 kW	8,44 kW
	Ret		ADH 450L	UM	SPZ 1987X2	8760 h	3,0 kW	1,55 kW	1,34 kW
27	Imp	E3 (Pasillo N1 - Espera quirófano)	ADH 450L	UM	SPZ 2037X3	8760 h	9,2 kW	3,39 kW	2,94 kW
	Ret		ADH 450L	UM	SPZ 1937X2	8760 h	3,0 kW	1,40 kW	1,22 kW
35	Imp	E3 (Cafetería y comedor)	ADH 355L	UM	SPA 1657X2	5658 h	5,5 kW	2,24 kW	1,95 kW
	Ext		ADH 160L	WEG	SPZ 710X1	5658 h	0,37 kW		
	Ret		ADH 355L	UM	SPZ 1612X2	5658 h	3,0 kW	1,81 kW	1,57 kW
112	Imp	F2 (Pasillo N2)	ADH 225L	BGR	SPZ 1162X2	4328 h	2,2 kW	1,40 kW	1,22 kW
91	Imp	F2 (Pasillo N0 F1)	AHD 225L	UM	SPZ 1262X2	6510 h	3,0 kW	1,42 kW	1,23 kW
	Ret		ADH 225L	UM	SPZ 950X1	6510 h	1,1 kW	1,06 kW	0,92 kW
94	Imp	F3 (Pasillo N1 en F2)	ADH 225L	UM	XPZ 1060X2	8760 h	3,0 kW	1,12 kW	0,98 kW
	Ret		ADH 225L	UM	XPZ 937X1	8760 h	1,1 kW	1,05 kW	0,91 kW
92	Imp	F3 (Pasillo N1 de F3 y F4)	ADH 225L	UM	XPZ 1087X2	4380 h	3,0 kW	1,13 kW	0,98 kW
	Ret		ADH 225L	UM	SPZ 937X1	4380 h	1,1 kW	1,02 kW	0,89 kW
95	Imp	F3 (PasilloN0-Méd. guardia)	ADH 225L	UM	SPZ 1150X2	5439 h	3,0 kW	1,16 kW	1,01 kW
	Ret		ADH 225L	UM	SPZ 925X1	5439 h	1,1 kW	0,94 kW	0,82 kW
113	Imp	F4 (Pasillo N2)	ADH 225L	SIEM	SPZ 1037X1	3181 h	2,2 kW	1,35 kW	1,18 kW
	Ret		ADH 200L	SIEM	XPZ 937X1	3181 h	1,5 kW	1,06 kW	0,92 kW
133	Imp	G1 (Pasillo N2)	ADH 280L	UM	SPZ 1362X2	2868 h	3,0 kW	1,42 kW	1,23 kW
	Ext		ADH 180L	WEG	XPZ 772X1	2868 h	0,55 kW		
	Ret		ADH 250L	SIEM	XPZ 1000X2	2868 h	1,5 kW	1,29 kW	1,12 kW
133A	Imp	G1 (Pasillo N2)	ADH 315L	UM	SPZ 1362X2	2868 h	4,0 kW	1,90 kW	1,65 kW
	Ret		ADH 280L	UM	SPZ 1077X2	2868 h	1,5 kW	1,20 kW	1,05 kW
135	Imp	G1 (Pasillo N3)	ADH 280L	UM	SPZ 1362X2	2608 h	3,0 kW	1,55 kW	1,35 kW
	Ext		ADH 180L	WEG	SPZ 772X1	2608 h	0,55 kW		
	Ret		ADH 250L	UM	SPZ 1000X2	2608 h	1,5 kW	1,26 kW	1,09 kW



						Punto de funcionamiento				
Nº UTA		velocidad motor	polea motor	polea ventilad	velocidad ventilador	Caudal de proyecto	Caudal (m3/h)	Presión (Pa)	Diferencia caudales	Diferencia potencias
14A	Imp	1460	100	212	689	15600	15000	440	-600	7,68
	Ret	1430	85	224	543	15000	12000		-3000	2,31
14	Imp	1450	150	190	1145	9300	8700	700	-600	2,47
	Ext	1400	90	112	1125	3800	3700		-100	0,41
	Ret	1400	100	160	875	9000	7700		-1300	0,64
23	Imp	1460	112	200	818	14200	15000	600	800	6,39
	Ext					800				
	Ret	1440	132	224	849	14000	14500		500	0,92
26	Imp	1440	90	190	682	14200	16200	400	2000	3,51
	Ret	1430	85	224	543	13500	14000		500	1,02
29	Imp	1440	106	200	763	14200	14500	545	300	3,44
	Ret	1430	112	224	715	13500	11100		-2400	0,38
25	Imp	1440	106	190	803	13600	14000	580	400	3,58
	Ret	1440	118	224	759	13000	10800		-2200	1,77
28	Imp	1440	112	190	849	13600	13000	720	-600	3,34
	Ret	1440	118	224	759	13000	11800		-1200	1,47
31	Imp	1440	90	190	682	13600	15000	440	1400	4,06
	Ret	1440	118	224	759	13000	11000		-2000	1,73
24	Imp	1460	118	224	769	14400	15500	550	1100	1,78
	Ret	1440	132	224	849	14000	11500		-2500	0,08
30	Imp	1460	150	190	1153	14400	17000	1100	2600	-0,5
	Ret	1430	106	224	677	13500	8000		-5500	1,45
27	Imp	1430	150	315	681	14400	15500	440	1100	5,81
	Ret	1430	106	224	677	13500	7700		-5800	1,6
35	Imp	1440	90	132	982	8800	8500	500	-300	3,26
	Ext	1340	80	85	1261	1250				
	Ret	1430	100	132	1083	8800	6100		-2700	1,19
112	Imp	1410	118	125	1331	3500	5000	270	1500	0,8
91	Imp	2870	112	200	1607	4000	4200	530	200	1,58
	Ret	1400	85	85	1400	3800	4500		700	0,04
94	Imp	2870	71	132	1544	4000	4000	500	0	1,88
	Ret	1400	85	85	1400	3800	4500		700	0,05
92	Imp	2870	67	132	1457	4000	4500	430	500	1,87
	Ret	1400	85	85	1400	3800	4400		600	0,08
95	Imp	2870	71	132	1544	4000	4000	480	0	1,84
	Ret	1400	85	85	1400	3800	3900		100	0,163
113	Imp	1450	118	140	1222	3500	4500	-	1000	0,846
	Ret	1420	118	95	1764	3200	3700		500	0,44
133	Imp	1430	71	100	1015	5600	6500	300	900	1,58
	Ext	1430	90	85	1514					
	Ret	1420	85	95	1271	5200	5000		-200	0,21
133A	Imp	1440	71	118	866	6600	9100	255	2500	2,1
	Ret	1400	112	85	1845	6200	-			0,3
135	Imp	1430	71	100	1015	5600	6900	275	1300	1,45
	Ext	1430	90	85	1514					
	Ret	1400	85	98	1214	5200	5900		700	0,24



		Cambio de Caudal por aumento de T de impulsión						34227
Nº UTA	T impulsión	1-Caudal para impulsión a 38	2- k	3- Presión nueva	4-Potencia útil motor	5-Nueva rpm ventilador	Ahorro en Euros	
14A	Imp Ret	29,4	7833	1,9556E-06	120	0,52 kW	360	1211
14	Imp Ext Ret	31,9	5752	9,2482E-06	306	0,98 kW	780	471
23	Imp Ext Ret	-		2,6667E-06	#¡VALOR!	X		
26	Imp Ret	29	8100	1,5242E-06	100	X		
29	Imp Ret	29,1	7331	2,5922E-06	139	0,65 kW	390	1162
25	Imp Ret	28	6222	2,9592E-06	115	0,39 kW	360	1871
28	Imp Ret	29,1	6572	4,2604E-06	184	0,85 kW	480	1620
31	Imp Ret	30,2	8500	1,9556E-06	141	0,78 kW	395	1302
24	Imp Ret	28	6889	2,2893E-06	109	X		
30	Imp Ret	28,7	8217	3,8062E-06	257	1,15 kW	560	7769
27	Imp Ret	23,4	2928	1,8314E-06	16	X		
35	Imp Ext Ret	26,3	2975	6,9204E-06	61	X		
112	Imp	28,4	2333	1,0800E-05	59	X		
91	Imp Ret	35	3500	3,0045E-05	368	0,85 kW	1350	385
94	Imp Ret	-		3,1250E-05	#¡VALOR!	X		
92	Imp Ret	29	2250	2,1235E-05	108	X		
95	Imp Ret	34,9	3311	3,0000E-05	329	0,65 kW	1250	288
113	Imp Ret	29	2250					
133	Imp Ext Ret	-		7,1006E-06	#¡VALOR!			
133A	Imp Ret	-		3,0793E-06	#¡VALOR!			
135	Imp Ext Ret	30	3833	5,7761E-06	85	X		



		Propuesta de reducción de CAUDAL							
Nº UTA		1-Nuevo Caudal	2-Nueva rpm	3-Nueva Polea M	4-Polea comercial	5-rpm ventilador	6-Caudal	7-Nueva Pot. Util de motor	Ahorro en Euros
14A	Imp								0
	Ret								0
14	Imp								0
	Ext								0
	Ret								0
23	Imp	14000	763	105	106	774	14196	3,91 kW	478
	Ext								0
	Ret	13500	790	123	125	804	13731	3,89 kW	471
26	Imp	14000	589	78	75	568	13500	2,31 kW	636
	Ret	13500	524	82	80	511	13176	1,65 kW	125
29	Imp	14000	737	102	100	720	13679	3,41 kW	222
	Ret								0
25	Imp								0
	Ret								0
28	Imp								0
	Ret								0
31	Imp	13000	591	78	75	568	12500	1,99 kW	709
	Ret								0
24	Imp	14000						3,7	3135
	Ret	11500		132 M				3,41	1141
30	Imp	14000	950	124	125	961	14167	5,61 kW	3713
	Ret								0
27	Imp	14000	615	135	132	599	13640	2,31 kW	981
	Ret								0
35	Imp								0
	Ext								0
	Ret								0
112	Imp	3500	932	83	80	902	3390	0,44 kW	433
91	Imp								0
	Ret	3500	1089	66	67	1104	3547	0,52 kW	365
94	Imp								0
	Ret	3500	1089	66	67	1104	3547	0,51 kW	487
92	Imp	4000	1295	60	60	1305	4030	0,81 kW	145
	Ret	3500	1114	68	67	1104	3468	0,50 kW	236
95	Imp								0
	Ret								0
113	Imp	3500	950	92	90	932	3432	0,60 kW	249
	Ret	3000	1430	96	95	1420	2979	0,55 kW	167
133	Imp	5500	859	60	60	858	5493	0,86 kW	167
	Ext								0
	Ret								0
133A	Imp	6500	619	51	56	683	7177	0,93 kW	288
	Ret								0
135	Imp	5500	809	57	56	801	5442	0,76 kW	214
	Ext								0
	Ret	5000	1029	72	71	1014	4928	0,73 kW	142



		Propuesta de cambio de MOTOR			Ahorro Total
Nº UTA		Nuevo Motor	Ahorro en Pot. Util	Ahorro en Euros	59907
14A	Imp	4,0 kW	1,110	480	480
	Ret	2,2 kW	0,339	147	147
14	Imp	4,0 kW	0,067	15	15
	Ext	0,75 kW		0	0
	Ret			0	0
23	Imp	5,5 kW	1,347	918	1396
	Ext			0	0
	Ret			0	471
26	Imp	3,0 kW	2,310	875	1511
	Ret	2,2 kW	0,539	204	329
29	Imp	4,0 kW	1,068	364	586
	Ret			0	0
25	Imp	5,5 kW	0,350	186	186
	Ret	3,0 kW	0,156	83	83
28	Imp	5,5 kW	0,353	173	173
	Ret	3,0 kW	0,054	27	27
31	Imp	3,0 kW	2,126	1041	1750
	Ret	3,0 kW	0,080	39	39
24	Imp	4,0 kW	1,360	772	3907
	Ret			0	1141
30	Imp	7,5 kW	4,724	4292	8005
	Ret	2,2 kW	0,154	140	140
27	Imp	3,0 kW	1,906	1732	2713
	Ret	2,2 kW	0,157	143	143
35	Imp	3,0 kW	0,182	107	107
	Ext			0	0
	Ret	2,2 kW	0,142	83	83
112	Imp	1,1 kW	1,471	660	1093
91	Imp	2,2 kW	0,078	53	53
	Ret	0,75 kW	0,737	498	863
94	Imp	1,5 kW	0,088	80	80
	Ret	0,75 kW	0,728	661	1148
92	Imp	2,2 kW	0,014	6	151
	Ret	0,75 kW	0,707	321	558
95	Imp	1,5 kW	0,210	118	118
	Ret			0	0
113	Imp	1,1 kW	1,175	388	636
	Ret	0,75 kW	0,795	262	430
133	Imp	1,1 kW	1,074	319	487
	Ext			0	0
	Ret			0	0
133A	Imp	1,5 kW	1,602	477	764
	Ret			0	0
135	Imp	1,1 kW	1,367	370	583
	Ext			0	0
	Ret	1,1 kW	0,806	218	360

Nº UTA		Edificio	Modelo ventilador	Modelo Motor	Correa	Horas año	Pot Motor	Pot útil	pot abs ventilador
135A	Imp	G1 (Pasillo N3)	ADH 315L	UM	SPZ 1362X2	8760 h	4,0 kW	1,63 kW	1,42 kW
	Ret		ADH 280L	UM	XPZ 1060X2	8760 h	1,5 kW	1,18 kW	1,03 kW
129	Imp	G2 (Pasillo N0)	ADH 280L	UM	SPZ 1462x2	8760 h	3,0 kW	1,86 kW	1,62 kW
	Ext		TD 800	MONOF		8760 h			
	Ret		ADH 250L	UM	SPZ 1000X2	8760 h	1,5 kW	1,03 kW	0,89 kW
129A	Imp	G2 (Pasillo N0)	ADH 315L	UM	SPZ 1387X2	4380 h	4,0 kW	1,62 kW	1,40 kW
	Ret		ADH 280L	UM	SPZ 1112X2	4380 h	1,5 kW	1,31 kW	1,14 kW
130	Imp	G2 (Pasillo N0 G3)	ADH 280L	UM	SPZ 1262X2	5110 h	4,0 kW	2,36 kW	2,05 kW
	Ext		TD 800	MONOF		5110 h			
	Ret		ADH 280L	-	SPZ 1077X2	5110 h	1,5 kW		
130A	Imp	G2 (Pasillo N0 G3)	ADH 315L	UM	SPZ 1612X2	4380 h	4,0 kW	3,14 kW	2,73 kW
	Ret		ADH 280L	-	SPZ 1087X2	4380 h			
131	Imp	G2 (Pasillo N1 G1 y G2))	ADH 280L	SIEM	SPZ 1462x2	8760 h	3,0 kW	1,71 kW	1,49 kW
	Ext		TD 800	MONOF		8760 h			
	Ret		ADH 250L	UM	SPZ 1024X2	8760 h	1,5 kW	1,33 kW	1,16 kW
131A	Imp	G2 (Pasillo N1 G1 y G2)	ADH 315L	UM	SPZ 1562X2	3468 h	4,0 kW	2,06 kW	1,79 kW
	Ret		ADH 280L	-	SPZ 1077X2	3468 h	1,5 kW	1,53 kW	1,33 kW
132	Imp	G2 (Médicos de guardia N1)	ADH 280L	UM	SPZ 1587X2	8760 h	4,0 kW	1,76 kW	1,53 kW
	Ext		TD 800	MONOF		8760 h			
	Ret		ADH 280L	UM	XPZ 1087X2	8760 h	1,5 kW	1,32 kW	1,15 kW
132 A	Imp	G2 (Médicos de guardia N1)	ADH 280L	UM	SPZ 1587X2	4380 h	4,0 kW	1,76 kW	1,53 kW
	Ext		TD 800	MONOF		4380 h			
	Ret		ADH 280L	UM	XPZ 1087X2	4380 h	1,5 kW	1,32 kW	1,15 kW
134	Imp	G3 (Pasillo N2)	ADH 280L	SIEM	SPZ 1387X2	5110 h	4,0 kW	1,84 kW	1,60 kW
	Ext		ADH 180L	WEG	SPZ 787X1	5110 h	0,55 kW		
	Ret		ADH 280L	UM	SPZ 1060X2	5110 h	1,5 kW	1,11 kW	0,96 kW
134A	Imp	G3 (Pasillo N2)	ADH 315L	UM	SPZ 1587X2	3285 h	4,0 kW	1,64 kW	1,42 kW
	Ret			SIEM	SPZ 1037X2	3285 h	1,5 kW		
136	Imp	G3 (Pasillo N3)	ADH 280L	UM	SPZ 1337X2	2607 h	4,0 kW	1,66 kW	1,44 kW
	Ext		ADH 180L	WEG	SPZ 772X1	2607 h	0,55 kW		
	Ret		ADH 280L	UM	SPZ 1077X2	2607 h	1,5 kW	1,14 kW	0,99 kW
136A	Imp	G3 (Pasillo N3)	ADH 315L	UM	SPZ 1437X2	2868 h	4,0 kW	1,65 kW	1,44 kW
	Ret		ADH 280L	UM	SPZ 1087X2	2868 h	1,5 kW	1,18 kW	1,03 kW
172	Imp	H2 (Pasillo N0)	ADH 355L	UM	SPA 1382X2	8760 h	5,5 kW	2,67 kW	2,32 kW
	Ret		ADH 315L	UM	SPZ 1237X2	8760 h	2,2 kW	1,65 kW	1,44 kW
173	Imp	H3 (Pasillo N0)	ADH 280L	UM	SPZ 1387X2	5840 h	4,0 kW	1,59 kW	1,38 kW
	Ret		ADH 280L	UM	SPZ 1137X2	5840 h	2,2 kW	1,74 kW	1,52 kW
174	Imp	H3 (Pasillo N1 H4)	ADH 355L	UM	SPA 1382X2	2112 h	5,5 kW	3,90 kW	3,40 kW
	Ret		ADH 355L	UM	SPZ 1300X2	2112 h	2,2 kW	1,89 kW	1,64 kW
175	Imp	H4	ADH 355L	UM	SPA 1500X2	2346 h	5,5 kW	2,70 kW	2,35 kW
	Ret		ADH 355L	SIEM	SPZ 1312X2	2346 h	2,2 kW	2,10 kW	1,80 kW
COC	Imp	H4 (Cocina H3 N0)		ABB		8760 h	4,0 kW	2,10 kW	1,83 kW
	Ret			ABB	XPA 1132X2	8760 h	4,0 kW	1,88 kW	1,63 kW



						Punto de funcionamiento				
Nº UTA		velocidad motor	polea motor	polea ventilad	velocidad ventilador	Caudal de proyecto	Caudal (m3/h)	Presión (Pa)	Diferencia caudales	Diferencia potencias
135A	Imp	1440	71	118	866	6600	8000	300	1400	2,37
	Ret	1400	85	112	1063	6200	5900		-300	0,32
129	Imp	1430	112	125	1281	5600	6300	550	700	1,138
	Ret	1400	85	95	1253	5200	4500		-700	0,47
129A	Imp	1440	71	118	866	6600	8000	300	1400	2,38
	Ret	1400	85	112	1063	6200	6050		-150	0,19
130	Imp	1440	80	118	976	6400	8200	-	1800	1,64
	Ret	1400	-	112	#¡VALOR!	6000				
130A	Imp	1440	125	180	1000	6700	11000	350	4300	0,86
	Ret					6200				
131	Imp	1420	100	125	1136	5600	6800	390	1200	1,29
	Ret	1400	85	95	1253	5200	5500		300	0,17
131A	Imp	1440	140	180	1120	6600	7500	550	900	1,94
	Ret	1400	85	112	1063	6200	6500		300	-0,03
132	Imp	1440	150	200	1080	6400	7000	350	600	2,24
	Ret	1400	85	112	1063	6100	6100		0	0,18
132 A	Imp	1440	150	200	1080	6700	7100	340	400	2,24
	Ret	1400	85	112	1063	6200	6100		-100	0,18
134	Imp	1435	100	118	1216	6400	6500	475	100	2,16
	Ret	1400	85	112	1063	6100	5500		-600	0,39
134A	Imp	1440	125	200	900	6700	7800	340	1100	2,36
	Ret	1420	90	112	1141	6300				
136	Imp	1440	90	118	1098	6400	6500	390	100	2,34
	Ret	1400	85	112	1063	6200	5500		-700	0,36
136A	Imp	1440	85	125	979	6700	7400	400	700	2,35
	Ret	1400	85	112	1063	6200	5400		-800	0,32
172	Imp	1450	125	170	1066	8500	9000	600	500	2,83
	Ret	1420	100	140	1014	8000	7000		-1000	0,55
173	Imp	1430	100	140	1021	6600	6800	300	200	2,41
	Ret	1420	118	125	1340	6200	5700		-500	0,46
174	Imp	1450	132	170	1126	10000	11500	690	1500	1,6
	Ret	1420	100	160	888	9000	8500		-500	0,31
175	Imp	1450	132	224	854	10000	11500	350	1500	2,8
	Ret	1425	100	160	891	9000	9500		500	0,1
COC	Imp	1425	124	224	789					1,9
	Ret	1420	124	224	786					2,12





		Cambio de Caudal por aumento de T de impulsión					34227
Nº UTA	T impulsión	1-Caudal para impulsión a 38	2- k	3- Presión nueva	4-Potencia útil motor	5-Nueva rpm ventilador	Ahorro en Euros
135A	Imp Ret	24,7	2089	4,6875E-06	20	X	
129	Imp Ext Ret	29,1	3185	1,3857E-05	141	0,27 kW	660 1447
129A	Imp Ret	29,1	4044	4,6875E-06	77	X	
130	Imp Ext Ret	38	8200				
130A	Imp Ret	29	5500	2,8926E-06	88	0,52 kW	505 1190
131	Imp Ext Ret	27,9	2984	8,4343E-06	75	X	
131A	Imp Ret	28	3333	9,7778E-06	109	0,21 kW	500 665
132	Imp Ext Ret	30	3889	7,1429E-06	108	0,33 kW	600 1299
132 A	Imp Ext Ret	28,4	3313	6,7447E-06	74	X	
134	Imp Ext Ret	23,6	1300	1,1243E-05	19	X	
134A	Imp Ret	24	1733	5,5884E-06	17	X	
136	Imp Ext Ret	29,1	3286	9,2308E-06	100	X	
136A	Imp Ret	24,7	1932	7,3046E-06	27	X	
172	Imp Ret	32	6000	7,4074E-06	267	0,91 kW	720 1599
173	Imp Ret	28,7	3287	6,4879E-06	70	X	
174	Imp Ret	25,1	3258	5,2174E-06	55	X	
175	Imp Ret	28,8	5622	2,6465E-06	84	X	
COC	Imp Ret	28,4	0				



		Propuesta de reducción de CAUDAL							
Nº UTA		1-Nuevo Caudal	2-Nueva rpm	3-Nueva Polea M	4-Polea comercial	5-rpm ventilador	6-Caudal	7-Nueva Pot. Util de motor	Ahorro en Euros
135A	Imp	6500	714	59	60	732	6761	0,98 kW	587
	Ret								0
129	Imp	5500	1118	98	95	1087	5344	1,14 kW	659
	Ext								0
	Ret								0
129A	Imp	6500	704	58	56	683	6310	0,79 kW	375
	Ret								0
130	Imp	6500	774	63	63	769	6458	1,15 kW	640
	Ext								0
	Ret								0
130A	Imp	6500	591	74	75	600	6600	0,68 kW	1118
	Ret								0
131	Imp	5500	919	81	80	909	5440	0,88 kW	758
	Ext								0
	Ret	5000	1139	77	75	1105	4853	0,91 kW	378
131A	Imp	6500	971	121	118	944	6321	1,23 kW	297
	Ret	6000	981	78	75	938	5735	1,05 kW	172
132	Imp	6500	1003	139	140	1008	6533	1,43 kW	299
	Ext								0
	Ret								0
132 A	Imp	6500	989	137	140	1008	6627	1,43 kW	149
	Ext								0
	Ret								0
134	Imp								0
	Ext								0
	Ret								0
134A	Imp	6500	750	104	100	720	6240	0,84 kW	273
	Ret								0
136	Imp								0
	Ext								0
	Ret								0
136A	Imp	6500	860	75	75	864	6529	1,13 kW	154
	Ret								0
172	Imp	8500	1007	118	118	1006	8496	2,25 kW	385
	Ret								0
173	Imp								0
	Ret								0
174	Imp	9850		112 M	112	955	9758	2,38 kW	332
	Ret								0
175	Imp	10250		118 M	118	764	10280	1,93 kW	188
	Ret								0
COC	Imp								0
	Ret								0



		Propuesta de cambio de MOTOR			Ahorro Total	
Nº UTA		Nuevo Motor	Ahorro en Pot. Util	Ahorro en Euros	59907	
135A	Imp	1,5 kW	1,203	1093		1680
	Ret			0		0
129	Imp	1,5 kW	1,082	983		1642
	Ext			0		0
	Ret			0		0
129A	Imp	1,1 kW	1,605	729		1104
	Ret			0		0
130	Imp	1,5 kW	1,866	989		1629
	Ext			0		0
	Ret			0		0
130A	Imp	1,1 kW	3,539	1608		2726
	Ret			0		0
131	Imp	1,5 kW	1,239	1126		1884
	Ext			0		0
	Ret			0		378
131A	Imp	2,2 kW	1,362	490		787
	Ret			0		172
132	Imp	2,2 kW	0,337	306		605
	Ext			0		0
	Ret			0		0
132 A	Imp	2,2 kW	0,756	343		493
	Ext			0		0
	Ret			0		0
134	Imp	2,2 kW	0,327	173		173
	Ext			0		
	Ret			0		0
134A	Imp	1,5 kW	1,392	474		747
	Ret			0		0
136	Imp	2,2 kW	0,342	92		92
	Ext			0		
	Ret			0		0
136A	Imp	1,5 kW	1,042	310		464
	Ret			0		0
172	Imp	3,0 kW	0,131	119		504
	Ret			0		0
173	Imp	2,2 kW	0,339	205		205
	Ret			0		0
174	Imp	3,0 kW	0,176	39		371
	Ret			0		0
175	Imp	3,0 kW	0,200	49		236
	Ret			0		0
COC	Imp			0		0
	Ret			0		0



## **ANEXO 2. La tarifa Eléctrica**

Distribución anual de los periodos tarifarios HURH

		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO		JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
							1ª QUINC.	2ª QUINC.						
lab		21	20	23	18	22	11	11	21	22	21	21	21	18
festiv		10	8	8	12	9	4	4	10	9	9	10	9	13
0:00 A 1:00		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
1:00 A 2:00		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2:00 A 3:00		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
3:00 A 4:00		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4:00 A 5:00		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5:00 A 6:00		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
6:00 A 7:00		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7:00 A 8:00		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
8:00 A 9:00		2	2	4	5	5	4	2	2	6	4	5	4	2
9:00 A 10:00		2	2	4	5	5	3	2	2	6	3	5	4	2
10:00 A 11:00		1	1	4	5	5	3	2	2	6	3	5	4	1
11:00 A 12:00		1	1	4	5	5	3	1	1	6	3	5	4	1
12:00 A 13:00		1	1	4	5	5	3	1	1	6	3	5	4	1
13:00 A 14:00		2	2	4	5	5	3	1	1	6	3	5	4	2
14:00 A 15:00		2	2	4	5	5	3	1	1	6	3	5	4	2
15:00 A 16:00		2	2	4	5	5	4	1	1	6	4	5	4	2
16:00 A 17:00		2	2	3	5	5	4	1	1	6	4	5	3	2
17:00 A 18:00		2	2	3	5	5	4	1	1	6	4	5	3	2
18:00 A 19:00		1	1	3	5	5	4	1	1	6	4	5	3	1
19:00 A 20:00		1	1	3	5	5	4	2	2	6	4	5	3	1
20:00 A 21:00		1	1	3	5	5	4	2	2	6	4	5	3	1
21:00 A 22:00		2	2	3	5	5	4	2	2	6	4	5	3	2
22:00 A 23:00		2	2	4	5	5	4	2	2	6	4	5	4	2
23:00 A 0:00		2	2	4	5	5	4	2	2	6	4	5	4	2

Tabla horas de funcionamiento y porcentaje de cada periodo

P1	126	120	0	0	0	0	88	168	0	0	0	0	108	610	27,08%	6,96%
P2	210	200	0	0	0	0	88	168	0	0	0	0	180	846	5,75%	9,66%
P3	0	0	138	0	0	66	0	0	0	126	0	126	0	456	-8,43%	5,21%
P4	0	0	230	0	0	110	0	0	0	210	0	210	0	760	-8,43%	8,68%
P5	0	0	0	288	352	0	0	0	0	0	336	0	0	976	-6,15%	11,14%
P6	408	352	376	432	392	184	184	408	744	384	408	384	456	5112	0,00%	58,36%
														8760		

Tabla precios de cada periodo

P1	0,124764 €
P2	0,101217 €
P3	0,091503 €
P4	0,079852 €
P5	0,072660 €
P6	0,060788 €





## **ANEXO 3. Catálogos de motores y poleas**



MOTORES EM CARÇA DE FERRO

MOTORES EN CARCASA DE HIERRO

CAST IRON FRAME MOTORS

MOTEURS EN CARCASSE DE FONTE



EFF 2



EFF 1

- Fiável  
- Robusto

- Fiable      - Reliable  
- Robusto   - Strong Buided

- Digne de confiance  
- Robuste

MOTOR TIPO MOTOR TIPO MOTOR TYPE MOTEUR TYPE	POTÊNCIA POTENCIA OUTPUT PUISSANCE		rpm	In	RENDIMENTO 4/4 RENDIMIENTO 4/4 EFFICIENCY 4/4 RENDEMENT 4/4		Cos f	ARRANQUE ARRANQUE STARTING DÉMARRAGE		Tm Tn	Tn	PESO PESO WEIGHT MASSE
	kW	Cv			min-1	A		%	4/4			
II Pólos 3000 rpm												
EM30 80 M1 2	0,75	1	2825	1,7	75,0	0,83	2,2	6,1	2,3	2,6	15,5	
EM30 80 M2 2	1,1	1,5	2825	2,5	76,2	0,84	2,2	7,0	2,3	3,7	16,5	
EM30 90 S1 2	1,5	2	2840	3,2	78,5	0,84	2,2	7,0	2,3	5,0	21	
EM30 90 L1 2	2,2	3	2840	4,7	81,0	0,85	2,2	7,0	2,3	7,4	25	
EM30 100 L1 2	3	4	2880	6,0	82,6	0,87	2,2	7,5	2,3	10	33	
EM30 112 M1 2	4	5,5	2890	7,7	84,2	0,88	2,2	7,5	2,3	13	41	
EM30 132 S1 2	5,5	7,5	2900	10,5	85,7	0,88	2,2	7,5	2,3	18	63	
EM30 132 S2 2	7,5	10	2900	14,2	87,0	0,88	2,2	7,5	2,3	25	70	
EM30 160 M1 2	11	15	2930	20,2	88,4	0,89	2,2	7,5	2,3	36	110	
EM30 160 M2 2	15	20	2930	27,3	89,4	0,89	2,2	7,5	2,3	49	120	
EM30 160 L1 2	18,5	25	2930	33,0	90,0	0,90	2,2	7,5	2,3	60	135	
EM30 180 M1 2	22	30	2930	39,0	90,5	0,90	2,0	7,5	2,3	71	165	
EM30 200 L-2	30	40	2950	52,7	91,4	0,90	2,0	7,5	2,3	97	218	
EM30 200 L-2	37	50	2950	64,5	92,0	0,90	2,0	7,5	2,3	120	230	
EM30 225 M-2	45	60	2970	78,2	92,5	0,90	2,0	7,5	2,3	145	280	
EM30 250 M-2	55	75	2970	95,4	93,0	0,90	2,0	7,5	2,3	177	365	
EM30 280 S-2	75	100	2970	127,6	93,6	0,91	2,0	7,5	2,3	241	495	
EM30 280 M-2	90	125	2970	152,2	93,9	0,91	2,0	7,5	2,3	289	565	
EM30 315S-2	110	150	2970	185,6	94,0	0,91	1,8	7,1	2,2	353	890	
EM30 315M-2	132	180	2970	221,5	94,5	0,91	1,8	7,1	2,2	423	980	
EM30 315L-2	160	220	2970	265,3	94,6	0,92	1,8	7,1	2,2	512	1055	
EM30 315L-2	200	270	2970	331,0	94,8	0,92	1,8	7,1	2,2	641	1100	
EM30 355M-2	250	340	2980	412,0	95,2	0,92	1,6	7,1	2,2	800	1900	
EM30 355L-2	315	400	2980	518,0	95,4	0,92	1,6	7,1	2,2	1007	2300	
IV Pólos 1500 rpm												
EM30 80 M1 4	0,55	0,75	1390	1,5	71,0	0,75	2,4	5,2	2,3	3,8	15	
EM30 80 M2 4	0,75	1	1390	1,9	73,0	0,77	2,4	6,0	2,3	5,2	16	
EM30 90 S1 4	1,1	1,5	1400	2,6	76,2	0,77	2,3	6,0	2,3	7,5	23	
EM30 90 L1 4	1,5	2	1400	3,5	78,5	0,79	2,3	6,0	2,3	10,2	25	
EM30 100 L1 4	2,2	3	1420	4,9	80,0	0,81	2,3	7,0	2,3	15	33	
EM30 100 L2 4	3	4	1420	6,5	82,6	0,82	2,3	7,0	2,3	20	35	
EM30 112 M1 4	4	5,5	1440	8,4	84,2	0,82	2,3	7,0	2,3	27	41	
EM30 132 S1 4	5,5	7,5	1440	11,2	85,7	0,83	2,3	7,0	2,3	36	65	
EM30 132 M1 4	7,5	10	1440	14,8	87,0	0,84	2,2	7,0	2,3	50	76	
EM30 160 M1 4	11	15	1460	21,2	88,4	0,85	2,2	7,0	2,3	72	118	
EM30 160 L1 4	15	20	1460	28,6	89,4	0,85	2,2	7,5	2,3	98	132	
EM30 180 M1 4	18,5	25	1470	34,7	90,0	0,85	2,2	7,5	2,3	120	164	
EM30 180 L1 4	22	30	1470	41,0	90,5	0,85	2,2	7,5	2,3	143	182	
EM30 200 L-4	30	40	1480	54,7	91,4	0,86	2,2	7,2	2,3	194	245	
EM30 225 S-4	37	50	1480	66,4	92,0	0,87	2,2	7,2	2,3	239	258	
EM30 225 M-4	45	60	1480	80,5	92,5	0,87	2,2	7,2	2,3	290	290	
EM30 250 M-4	55	75	1480	98,1	93,0	0,87	2,2	7,2	2,3	355	388	
EM30 280 S-4	75	100	1480	132,6	93,6	0,87	2,2	7,2	2,3	484	510	
EM30 280 M-4	90	125	1485	158,6	93,9	0,87	2,2	7,2	2,3	579	606	
EM30 315S-4	110	150	1485	191,0	94,5	0,88	2,1	6,9	2,2	707	910	
EM30 315M-4	132	180	1485	228,4	94,8	0,88	2,1	6,9	2,2	849	1000	
EM30 315L-4	160	220	1485	273,4	94,9	0,89	2,1	6,9	2,2	1029	1055	
EM30 315L-4	200	270	1485	341,4	94,9	0,89	2,1	6,9	2,2	1286	1128	
EM30 355M-4	250	340	1490	420,0	95,2	0,90	2,1	6,9	2,2	1599	1700	
EM30 355L-4	315	400	1490	531,0	95,2	0,90	2,1	6,9	2,2	2015	1900	

Ta/Tn - Binário de arranque / Binário nominal  
Ia/In - Intensidade de arranque / Intensidade nominal  
Tm/Tn - Binário máximo / Binário nominal

Ta/Tn - Par de arranque / Par nominal  
Ia/In - Intensidad de arranque / Intensidad nominal  
Tm/Tn - Par máximo / Par nominal

Ta/Tn - Starting torque/Nominal torque  
Ia/In - Starting current / Nominal current  
Tm/Tn - Maximum torque / Nominal torque

Ta/Tn - Torque de démarrage / Torque nominal  
Ia/In - Ampérage de démarrage / Ampérage nominal  
Tm/Tn - Torque maximum / Torque nominal



Catalog | October 2013

# Low voltage Process performance motors according to EU MEPS

# Technical data

## IE2 cast iron motors, 3000 r/min

IP 55 - IC 411 - Insulation class F, temperature rise class B  
IE2 efficiency class according to IEC 60034-30; 2008

Output kW	Motor type	Product code	Speed r/min	Efficiency IEC 60034-2-1; 2007			Power factor cos $\varphi$	Current		Torque			Moment of inertia J = 1/4 GD <sub>2</sub> kgm <sup>2</sup>	Weight kg	Sound pressure level L <sub>PA</sub> dB
				Full load	3/4 load	1/2 load		I <sub>N</sub> A	I <sub>s</sub> I <sub>N</sub>	T <sub>N</sub> Nm	T <sub>I</sub> T <sub>N</sub>	T <sub>b</sub> T <sub>N</sub>			
3000 r/min = 2 poles				400 V 50 Hz			CENELEC-design								
0.37	M3BP 71 MA	3GBP 071 321-•B	2768	69.2	73.5	73.7	0.80	0.96	3.9	1.27	2.20	2.30	0.00039	11	58
0.55	M3BP 71 MB	3GBP 071 322-•B	2813	73.2	77.3	79.3	0.85	1.27	4.3	1.86	2.40	2.49	0.00051	11	56
0.75	M3BP 80 MB	3GBP 081 322-•B	2895	80.6	79.9	76.2	0.74	1.81	7.7	2.4	4.20	4.20	0.001	16	57
1.1	M3BP 80 MC	3GBP 081 323-•B	2870	81.8	82.4	80.2	0.80	2.4	7.5	3.6	2.70	3.50	0.0012	18	60
1.5	M3BP 90 SLB	3GBP 091 322-•B	2900	82.2	84.1	82.7	0.86	3.0	7.5	4.9	2.50	2.60	0.00254	24	69
2.2	M3BP 90 SLC	3GBP 091 323-•B	2885	84.7	86.7	85.7	0.87	4.3	6.8	7.2	1.90	2.50	0.0028	25	64
3	M3BP 100 LB	3GBP 101 322-•B	2925	85.2	84.9	82.8	0.86	5.9	9.1	9.7	3.10	3.50	0.00528	36	68
4	M3BP 112 MB	3GBP 111 322-•B	2895	86.1	87.0	86.6	0.86	7.7	8.1	13.1	2.90	3.20	0.00575	37	70
5.5	M3BP 132 SMB	3GBP 131 322-•B	2865	88.0	88.6	88.0	0.86	10.4	7.0	18.3	2.00	2.70	0.01275	68	70
7.5	M3BP 132 SMC	3GBP 131 324-•B	2890	88.6	88.8	87.5	0.84	14.5	7.3	24.7	2.00	3.60	0.01359	70	70
11	M3BP 160 MLA	3GBP 161 031-•G	2938	90.7	91.5	91.1	0.91	19.2	7.5	35.7	2.40	3.10	0.044	127	69
15	M3BP 160 MLB	3GBP 161 036-•G	2934	91.5	92.5	92.2	0.91	26.0	7.5	48.8	2.50	3.30	0.053	141	69
18.5	M3BP 160 MLC	3GBP 161 037-•G	2932	92.0	93.1	93.1	0.92	31.5	7.5	60.2	2.90	3.40	0.063	170	69
22	M3BP 180 MLA	3GBP 181 031-•G	2952	92.2	92.7	92.2	0.87	39.5	7.7	71.1	2.80	3.30	0.076	190	69
30	M3BP 200 MLA	3GBP 201 035-•G	2956	93.1	93.5	92.9	0.90	51.6	7.7	96.9	2.70	3.10	0.178	283	72
37	M3BP 200 MLB	3GBP 201 036-•G	2959	93.4	93.7	93.0	0.90	63.5	8.2	119	3.00	3.30	0.196	298	72
45	M3BP 225 SMA	3GBP 221 031-•G	2961	93.6	93.9	93.1	0.88	78.8	6.7	145	2.50	2.50	0.244	347	74
55	M3BP 250 SMA	3GBP 251 031-•G	2967	94.1	94.4	93.8	0.88	95.8	6.8	177	2.20	2.70	0.507	405	75
75	M3BP 280 SMA	3GBP 281 210-•G	2978	94.3	94.1	92.8	0.88	130	7.6	240	2.10	3.00	0.800	625	77
90	M3BP 280 SMB	3GBP 281 220-•G	2976	94.6	94.5	93.5	0.90	152	7.4	288	2.10	2.90	0.900	665	77
110	M3BP 315 SMA	3GBP 311 210-•G	2982	94.9	94.4	92.9	0.86	194	7.6	352	2.00	3.00	1.200	880	78
132	M3BP 315 SMB	3GBP 311 220-•G	2982	95.1	94.8	93.6	0.88	227	7.4	422	2.20	3.00	1.400	940	78
160	M3BP 315 SMC	3GBP 311 230-•G	2981	95.4	95.2	94.2	0.89	271	7.5	512	2.30	3.00	1.700	1025	78
200	M3BP 315 MLA	3GBP 311 410-•G	2980	95.7	95.7	94.9	0.90	335	7.7	640	2.60	3.00	2.100	1190	78
250	M3BP 355 SMA	3GBP 351 210-•G	2984	95.7	95.5	94.5	0.89	423	7.7	800	2.10	3.30	3.000	1600	83
315	M3BP 355 SMB	3GBP 351 220-•G	2980	95.7	95.7	95.1	0.89	533	7.0	1009	2.10	3.00	3.400	1680	83
355	M3BP 355 SMC	3GBP 351 230-•G	2984	95.7	95.7	95.2	0.88	608	7.2	1136	2.20	3.00	3.600	1750	83
400	M3BP 355 MLA	3GBP 351 410-•G	2982	96.9	96.6	95.9	0.88	677	7.1	1280	2.30	2.90	4.100	2000	83
450	M3BP 355 MLB	3GBP 351 420-•G	2983	97.1	97.0	96.4	0.90	743	7.9	1440	2.20	2.90	4.300	2080	83
500	M3BP 355 LKA	3GBP 351 810-•G	2982	96.9	96.9	96.5	0.90	827	7.5	1601	2.00	3.90	4.800	2320	83
560	M3BP 355 LKB	3GBP 351 820-•G	2983	97.0	97.0	96.5	0.90	925	8.0	1792	2.20	4.10	5.200	2460	83
560 <sup>2)</sup>	M3BP 400 LA	3GBP 401 510-•G	2988	97.2	97.2	96.6	0.89	934	7.8	1789	2.10	3.40	7.900	2950	82
560 <sup>2)</sup>	M3BP 400 LKA	3GBP 401 810-•G	2988	97.2	97.2	96.6	0.89	934	7.8	1789	2.10	3.40	7.900	2950	82
630 <sup>2)</sup>	M3BP 400 LB	3GBP 401 520-•G	2987	97.4	97.4	96.9	0.89	1048	7.8	2014	2.20	3.40	8.200	3050	82
630 <sup>2)</sup>	M3BP 400 LKB	3GBP 401 820-•G	2987	97.4	97.4	96.9	0.89	1048	7.8	2014	2.20	3.40	8.200	3050	82
710 <sup>2)</sup>	M3BP 400 LC	3GBP 401 530-•G	2987	97.5	97.4	97.0	0.89	1180	7.8	2269	2.60	3.40	9.300	3300	82
710 <sup>2)</sup>	M3BP 400 LKC	3GBP 401 830-•G	2987	97.5	97.4	97.0	0.89	1180	7.8	2269	2.60	3.40	9.300	3300	82
800 <sup>1) 2)</sup>	M3BP 450 LA	3GBP 451 510-•G	2990	97.2	97.1	96.4	0.88	1349	7.8	2554	1.30	3.20	12.500	4000	85
900 <sup>1) 2)</sup>	M3BP 450 LB	3GBP 451 520-•G	2990	97.3	97.2	96.6	0.88	1517	7.8	2874	1.50	3.10	14.000	4200	85
1000 <sup>1) 2) 3)</sup>	M3BP 450 LC	3GBP 451 530-•G											15.500	4400	85

<sup>1)</sup> Temperature rise class F

<sup>2)</sup> Unidirectional fan, variant code 044 or 045 is mandatory

<sup>3)</sup> For M3BP 450 LC 2, lowest possible network voltage is 500V in D-connection. 400VD and 690VY is not available. Efficiency values are given according to IEC 60034-2 - 1; 2007

# Technical data

## IE2 cast iron motors, 1500 r/min

IP 55 - IC 411 - Insulation class F, temperature rise class B  
IE2 efficiency class according to IEC 60034-30; 2008

Output kW	Motor type	Product code	Speed r/min	Efficiency IEC 60034-2-1; 2007			Power factor cos $\varphi$	Current		Torque			Moment of inertia $J = 1/4$ $GD_2$ kgm <sup>2</sup>	Weight kg	Sound pressure level L <sub>PA</sub> dB
				Full load 100%	3/4 load 75%	1/2 load 50%		I <sub>N</sub> A	I <sub>s</sub> I <sub>N</sub>	T <sub>N</sub> Nm	T <sub>I</sub> T <sub>N</sub>	T <sub>b</sub> T <sub>N</sub>			
1500 r/min = 4 poles				400 V 50 Hz				CENELEC-design							
0.25	M3BP 71 MA	3GBP 072 321-••B	1365	68.3	70.8	69.7	0.81	0.65	3.5	1.74	1.90	2.00	0.00074	10	45
0.37	M3BP 71 MB	3GBP 072 322-••B	1380	72.4	74.5	74.6	0.83	0.88	4.0	2.5	1.60	2.10	0.00088	11	45
0.55	M3BP 80 MA	3GBP 082 321-••B	1415	74.5	73.8	70.0	0.73	1.45	5.0	3.7	2.00	2.80	0.00144	15	45
0.75	M3BP 80 MD	3GBP 082 324-••B	1430	81.0	80.7	77.3	0.73	1.83	5.3	5.0	2.70	3.20	0.00205	17	50
1.1	M3BP 90 SLC	3GBP 092 324-••B	1430	83.7	84.0	82.2	0.78	2.4	6.2	7.3	2.70	3.05	0.00491	26	56
1.1	M3BP 90 SLB	3GBP 092 322-••B	1435	83.6	84.5	83.2	0.80	2.3	6.1	7.3	2.70	3.40	0.0044	25	50
1.5	M3BP 90 SLD	3GBP 092 325-••B	1430	84.3	85.6	84.7	0.83	3.0	6.3	10.0	2.70	3.40	0.0053	27	56
2.2	M3BP 100 LC	3GBP 102 323-••B	1450	85.9	85.1	83.4	0.78	4.7	6.4	14.4	2.90	3.60	0.00948	36	56
3	M3BP 100 LD	3GBP 102 324-••B	1450	86.8	87.0	85.4	0.79	6.3	7.7	19.7	2.90	3.40	0.011	38	58
4	M3BP 112 MB	3GBP 112 322-••B	1440	86.8	87.7	87.3	0.81	8.2	7.0	26.5	2.50	2.90	0.0125	44	59
5.5	M3BP 132 SMB	3GBP 132 322-••B	1460	89.0	89.8	88.9	0.80	11.1	5.9	35.9	1.70	2.40	0.03282	70	67
7.5	M3BP 132 SMC	3GBP 132 323-••B	1450	89.3	90.1	90.0	0.81	14.9	5.6	49.3	1.60	2.40	0.03659	73	64
11	M3BP 160 MLA	3GBP 162 031-••G	1466	90.4	91.6	91.3	0.84	20.9	6.8	71.6	2.20	2.80	0.081	135	62
15	M3BP 160 MLB	3GBP 162 032-••G	1470	91.4	92.4	92.2	0.83	28.5	7.1	97.4	2.60	3.00	0.099	165	62
18.5	M3BP 180 MLA	3GBP 182 031-••G	1477	91.9	92.9	92.7	0.84	34.5	7.2	119	2.60	2.90	0.166	205	62
22	M3BP 180 MLB	3GBP 182 032-••G	1475	92.4	93.3	93.2	0.84	40.9	7.3	142	2.60	3.00	0.195	222	62
30	M3BP 200 MLA	3GBP 202 031-••G	1480	93.2	94.0	93.7	0.84	55.3	7.4	193	2.80	3.00	0.309	291	63
37	M3BP 225 SMA	3GBP 222 031-••G	1479	93.4	93.9	93.4	0.84	68.0	7.1	238	2.60	2.90	0.356	324	66
45	M3BP 225 SMB	3GBP 222 032-••G	1480	93.9	94.3	93.9	0.85	81.3	7.5	290	2.80	3.20	0.440	356	66
55	M3BP 250 SMA	3GBP 252 031-••G	1480	94.4	95.0	94.7	0.85	98.9	7.0	354	2.60	2.90	0.765	414	67
75	M3BP 280 SMA	3GBP 282 210-••G	1484	94.5	94.5	93.9	0.85	134	6.9	482	2.50	2.80	1.250	625	68
90	M3BP 280 SMB	3GBP 282 220-••G	1483	94.7	94.8	94.4	0.86	159	7.2	579	2.50	2.70	1.500	665	68
110	M3BP 315 SMA	3GBP 312 210-••G	1487	95.1	95.1	94.3	0.86	194	7.2	706	2.00	2.50	2.300	900	70
132	M3BP 315 SMB	3GBP 312 220-••G	1487	95.4	95.4	94.7	0.86	232	7.1	847	2.30	2.70	2.600	960	70
160	M3BP 315 SMC	3GBP 312 230-••G	1487	95.6	95.6	95.1	0.85	284	7.2	1027	2.40	2.90	2.900	1000	70
200	M3BP 315 MLA	3GBP 312 410-••G	1486	95.6	95.6	95.3	0.86	351	7.2	1285	2.50	2.90	3.500	1160	70
250	M3BP 355 SMA	3GBP 352 210-••G	1488	95.9	95.9	95.5	0.86	437	7.1	1604	2.30	2.70	5.900	1610	74
315	M3BP 355 SMB	3GBP 352 220-••G	1488	95.9	95.9	95.6	0.86	551	7.3	2021	2.30	2.80	6.900	1780	74
355	M3BP 355 SMC	3GBP 352 230-••G	1487	95.9	95.9	95.7	0.86	621	6.8	2279	2.40	2.70	7.200	1820	78
400	M3BP 355 MLA	3GBP 352 410-••G	1489	96.3	96.3	95.9	0.85	705	6.8	2565	2.30	2.60	8.400	2140	78
450	M3BP 355 MLB	3GBP 352 420-••G	1490	96.8	96.8	96.3	0.86	780	6.9	2884	2.30	2.90	8.400	2140	78
500	M3BP 355 LKA	3GBP 352 810-••G	1490	97.0	97.0	96.5	0.86	865	6.8	3204	2.00	3.00	10.000	2500	78
560	M3BP 355 LKB	3GBP 352 820-••G	1490	96.9	96.9	96.5	0.85	981	7.2	3588	2.60	2.70	10.600	2600	78
560	M3BP 400 LA	3GBP 402 510-••G	1491	96.8	96.8	96.3	0.85	982	7.4	3586	2.40	2.80	15.000	3200	78
560	M3BP 400 LKA	3GBP 402 810-••G	1491	96.8	96.8	96.3	0.85	982	7.4	3586	2.40	2.80	15.000	3200	78
630	M3BP 400 LB	3GBP 402 520-••G	1491	97.0	97.0	96.5	0.87	1077	7.6	4034	2.20	2.90	16.000	3300	78
630	M3BP 400 LKB	3GBP 402 820-••G	1491	97.0	97.0	96.5	0.87	1077	7.6	4034	2.20	2.90	16.000	3300	78
710 <sup>1)</sup>	M3BP 400 LC	3GBP 402 530-••G	1491	97.1	97.1	96.6	0.86	1227	7.6	4547	2.40	3.00	17.000	3400	78
710 <sup>1)</sup>	M3BP 400 LKC	3GBP 402 830-••G	1491	97.1	97.1	96.6	0.86	1227	7.6	4547	2.40	3.00	17.000	3400	78
800	M3BP 450 LA	3GBP 452 510-••G	1492	96.9	96.9	96.2	0.86	1385	7.0	5120	1.30	2.80	23.000	4050	85
900	M3BP 450 LB	3GBP 452 520-••G	1492	97.1	97.1	96.5	0.86	1555	7.0	5760	1.30	2.80	25.000	4350	85
1000 <sup>1)</sup>	M3BP 450 LC	3GBP 452 530-••G	1491	97.2	97.2	96.7	0.86	1726	6.8	6404	1.30	2.70	30.000	4700	85

<sup>1)</sup>Temperature rise class F  
Efficiency values are given according to IEC 60034-2 - 1; 2007

# Motores 1LE1, 1LA7, 1LG4 y 1LA8 con rotor de jaula

Catálogo abreviado D81.1.A 2009



## Motores

Answers for industry.

**SIEMENS**



# Motores trifásicos de baja tensión

## Tablas de selección

Motores estándares 1LE1/1LA7/1LG4 y N-COMPACT 1LA8/1PQ8 de una velocidad, EFF2, IP55

### Tablas de selección

Potencia nominal a 50 Hz		Tamaño	Valores de Velocidad nominal 50 Hz	Par nominal 50 Hz	Clase eficiencia CEMEP	Rend. plena carga 50 Hz	Rend. a 3/4 de carga	Factor de potencia plena carga	Corriente nominal 400V 50 Hz	Referencia (complementos del tipo en página 17)	Peso Forma constr. IM B3 aprox.
$P_N$ kW	$P_N$ kW		$n_N$ min <sup>-1</sup>	$M_N$ Nm	EFF2	$\eta_N$ %	$\eta_{3/4}$ %	$\cos\varphi_N$	$I_N$ A		Kg
2 polos 3000 min <sup>-1</sup> a 50 Hz 3600 min <sup>-1</sup> a 60 Hz, clase F, utilización B, IP 55										aluminio	
0,09	0,11	56 M	2830	0,3		63	62	0,81	0,26	1LE1 002-0AA2□-□□□□▶	3
0,12	0,14	56 M	2800	0,41		65	64	0,83	0,32	1LE1 002-0AA3□-□□□□▶	3
0,18	0,21	63 M	2820	0,61		64	63	0,79	0,51	1LE1 002-0BA2□-□□□□▶	3,5
0,25	0,29	63 M	2830	0,84		65	65	0,80	0,69	1LE1 002-0BA3□-□□□□▶	4,1
0,37	0,43	71 M	2740	1,3		66	65	0,82	1	1LE1 002-0CA2□-□□□□▶	5
0,55	0,63	71 M	2800	1,9		71	70	0,82	1,36	1LE1 002-0CA3□-□□□□▶	6
0,75	0,86	80 M	2855	2,5		73	72	0,86	1,73	1LE1 002-0DA2□-□□□□▶	9
1,1	1,3	80 M	2845	3,7	EFF2	77	77	0,87	2,4	1LE1 002-0DA3□-□□□□▶	11
1,5	1,75	90 S	2860	5	EFF2	79	80	0,85	3,25	1LE1 002-0EA0□-□□□□▶	12,9
2,2	2,55	90 L	2880	7,3	EFF2	82	82	0,85	4,55	1LE1 002-0EA4□-□□□□▶	15,7
3	3,45	100 L	2835	10	EFF2	82,6	83,2	0,87	6	1LE1 002-1AA4□-□□□□▶	20
4	4,6	112 M	2930	13	EFF2	84,8	84,4	0,86	7,9	1LE1 002-1BA2□-□□□□▶	25
5,5	6,3	132 S	2905	18	EFF2	86	86,6	0,89	10,4	1LE1 002-1CA0□-□□□□▶	35
7,5	8,6	132 S	2925	24	EFF2	87,6	88,7	0,88	14	1LE1 002-1CA1□-□□□□▶	40
11	12,6	160 M	2920	36	EFF2	88,4	88,5	0,85	21	1LE1 002-1DA2□-□□□□▶	60
15	17,3	160 M	2930	49	EFF2	89,5	89,7	0,84	29	1LE1 002-1DA3□-□□□□▶	68
18,5	21,3	160 L	2935	60	EFF2	90,9	91	0,86	34	1LE1 002-1DA4□-□□□□▶	78
2 polos 3000 min <sup>-1</sup> a 50 Hz 3600 min <sup>-1</sup> a 60 Hz, clase F, utilización B, IP 55										fundición de hierro	
22	24,5	180 M	2945	71	EFF2	91,6	91,6	0,86	40,5	1LG4 183-2AA□□	145
30	33,5	200 L	2950	97	EFF2	91,8	91,9	0,88	54	1LG4 206-2AA□□	205
37	41,5	200 L	2955	120	EFF2	92,9	93,2	0,89	65	1LG4 207-2AA□□	225
45	51	225 M	2960	145	EFF2	93,6	93,9	0,88	79	1LG4 223-2AA□□	285
55	62	250 M	2970	177	EFF2	93,6	93,8	0,88	96	1LG4 253-2AB□□	375
75	84	280 S	2975	241	EFF2	94,5	94,3	0,88	130	1LG4 280-2AB□□	500
90	101	280 M	2975	289	EFF2	95,1	95,2	0,89	154	1LG4 283-2AB□□	540
110	123	315 S	2982	352		94,6	93,8	0,88	190	1LG4 310-2AB□□	720
132	148	315 M	2982	423		95,1	94,8	0,9	225	1LG4 313-2AB□□	775
160	180	315 L	2982	512		95,5	95,3	0,91	265	1LG4 316-2AB□□	900
200	224	315 L	2982	641		95,9	95,8	0,92	325	1LG4 317-2AB□□	1015
2 polos 3000 min <sup>-1</sup> a 50 Hz 3600 min <sup>-1</sup> a 60 Hz, clase F, utilización B, IP 55										N-COMPACT, fundición de hierro	
250	280	315	2979	801		96,2	96,2	0,90	415	1LA8 315-2AC□□▲	1300
315	353	315	2979	1010		96,5	96,5	0,91	520	1LA8 317-2AC□□▲	1500
355	398	355	2980	1140		96,5	96,5	0,90	590	1LA8 353-2AC□□▲	1900
400	448	355	2980	1280		96,7	96,7	0,91	660	1LA8 355-2AC□□▲	2000
500	560	355	2982	1600		97,1	97,1	0,91	820	1LA8 357-2AC□□▲	2200
560	616	400	2985	1790		97,1	97,1	0,91	910	1LA8 403-2AC□□▲	2800
630	693	400	2985	2020		97,1	97,1	0,91	1020	1LA8 405-2AC□□▲	3000
710	781	400	2985	2270		97,3	97,3	0,91	670 <sup>1)</sup>	1LA8 407-2AC□□▲	3200
800	-	450	2986	2560		97,2	97,2	0,91	760 <sup>1)</sup>	1LA8 453-2AE□□▲	4000
900	-	450	2986	2880		97,3	97,3	0,92	840 <sup>1)</sup>	1LA8 455-2AE□□▲	4200
1000	-	450	2986	3200		97,4	97,4	0,93	920 <sup>1)</sup>	1LA8 457-2AE□□▲	4400

# Motores trifásicos de baja tensión

## Tablas de selección

Motores estándares 1LE1/1LA7/1LG4 y N-COMPACT 1LA8/1PQ8 de una velocidad, EFF2, IP55

### Tablas de selección

Referencia (alternativa 1LA7 para versiones no disponibles como 1LE1)	Relación entre par de arranque y par nominal			Clase par	Momento de inercia	Ruido		Máxima velocidad mecánica admisible	Conductores en paralelo necesarios			
	$M_A/M_N$	corriente arranque y corriente nominal $I_A/I_N$	par máximo y par nominal $M_K/M_N$			KL	$J$ kgm <sup>2</sup>		Presión so- nora en sup. de medida 50 Hz $L_{p(A)}$ dB(A)	Potencia sonora 50 Hz $L_{WA}$ dB(A)	$n_{max}$ min <sup>-1</sup>	230 V
2 polos 3000 min <sup>-1</sup> a 50 Hz 3600 min <sup>-1</sup> a 60 Hz, clase F, utilización B, IP 55									aluminio			
1LA7 050-2AA□□▶	2	3,7	2,3	16	0,00015	41	52	6000				
1LA7 053-2AA□□▶	2,1	3,7	2,4	16	0,00015	41	52	6000				
1LA7 060-2AA□□▶	2	3,7	2,2	16	0,00018	49	60	6000				
1LA7 063-2AA□□▶	2	4	2,2	16	0,00022	49	60	6000				
1LA7 070-2AA□□▶	2,3	3,5	2,3	16	0,00029	52	63	6000				
1LA7 073-2AA□□▶	2,5	4,3	2,6	16	0,00041	52	63	6000				
1LA7 080-2AA□□▶	2,3	5,6	2,4	16	0,00079	56	67	6000				
1LA7 083-2AA□□▶	2,6	6,1	2,7	16	0,001	56	67	6000				
1LA7 090-2AA□□▶	2,4	5,5	2,7	16	0,0014	62	74	6000				
1LA7 096-2AA□□▶	2,8	6,3	3,1	16	0,0018	62	74	6000				
1LA7 106-2AA□□▶	3,2	6,2	2,9	16	0,0034	67	79	6000				
1LA7 113-2AA□□▶	2,7	7,3	3,7	16	0,0067	69	81	6000				
1LA7 130-2AA□□▶	2	5,6	2,6	16	0,0127	68	80	5600				
1LA7 131-2AA□□▶	2,2	6,4	3	16	0,0160	68	80	5600				
1LA7 163-2AA□□▶	2,1	6,1	2,7	16	0,0297	70	82	4800				
1LA7 164-2AA□□▶	2,5	6,1	3,2	16	0,0362	70	82	4800				
1LA7 166-2AA□□▶	2,5	7	3,2	16	0,0440	70	82	4800				
2 polos 3000 min <sup>-1</sup> a 50 Hz 3600 min <sup>-1</sup> a 60 Hz, clase F, utilización B, IP 55									fundición de hierro			
1LG4 183-2AA□□	2,5	6,4	3,4	16	0,068	67	80	4600	sí			
1LG4 206-2AA□□	2,3	6,5	3	16	0,13	73	86	4500	sí			
1LG4 207-2AA□□	2,5	7,2	3,3	16	0,15	73	86	4500	sí			
1LG4 223-2AA□□	2,4	6,7	3,1	16	0,22	73	86	4500	sí			
1LG4 253-2AB□□	2,1	6,7	3,1	13	0,4	75	88	3900				
1LG4 280-2AB□□	2,5	7,5	3,1	13	0,72	74	87	3600	sí			
1LG4 283-2AB□□	2,6	7,2	3,1	13	0,83	74	87	3600	sí			
1LG4 310-2AB□□	2,4	7,2	3,1	13	1,2	80	94	3600	sí			
1LG4 313-2AB□□	2,4	6,9	3	13	1,4	80	94	3600	sí			
1LG4 316-2AB□□	2,4	7	3	13	1,6	80	94	3600/3000 <sup>4)</sup>		sí		
1LG4 317-2AB□□	2,3	6,7	2,9	13	2,1	80	94	3600/3000 <sup>4)</sup>		sí		
2 polos 3000 min <sup>-1</sup> a 50 Hz 3600 min <sup>-1</sup> a 60 Hz, clase F, utilización B, IP 55									N-COMPACT, fundición de hierro			
1LA8 315-2AC□□▲	1,8	7,0	2,8	10	2,7	82 (75) <sup>2)</sup>	97 (90) <sup>2)</sup>	3600		sí		
1LA8 317-2AC□□▲	1,8	7,0	2,8	10	3,3	82 (75) <sup>2)</sup>	97 (90) <sup>2)</sup>	3600		sí		
1LA8 353-2AC□□▲	1,7	6,5	2,5	10	4,8	77 <sup>3)</sup>	92 <sup>3)</sup>	3600/3100 <sup>4)</sup>	sí	sí		
1LA8 355-2AC□□▲	1,7	6,5	2,5	10	5,3	77 <sup>3)</sup>	92 <sup>3)</sup>	3600/3100 <sup>4)</sup>	sí	sí		
1LA8 357-2AC□□▲	1,8	6,5	2,6	10	6,4	77 <sup>3)</sup>	92 <sup>3)</sup>	3600/3100 <sup>4)</sup>	sí			
1LA8 403-2AC□□▲	1,6	7,0	2,8	10	8,6	79 <sup>3)</sup>	94 <sup>3)</sup>	3600/3100 <sup>4)</sup>	sí			
1LA8 405-2AC□□▲	1,6	7,0	2,8	10	9,6	79 <sup>3)</sup>	94 <sup>3)</sup>	3600/3100 <sup>4)</sup>	sí	sí		
1LA8 407-2AC□□▲	1,7	7,0	2,8	10	11	79 <sup>3)</sup>	94 <sup>3)</sup>	3600/3100 <sup>4)</sup>	sí			
1LA8 453-2AE□□▲	0,9	7,0	3,0	5	19	81 <sup>3)</sup>	96 <sup>3)</sup>	3000		sí		
1LA8 455-2AE□□▲	0,9	7,0	2,8	5	21	81 <sup>3)</sup>	96 <sup>3)</sup>	3000		sí	sí	
1LA8 457-2AE□□▲	0,9	7,0	2,7	5	23	81 <sup>3)</sup>	96 <sup>3)</sup>	3000		sí	sí	

<sup>1)</sup> Corriente nominal a 690 V

<sup>2)</sup> Ejecución silenciosa (K37 y K38)

<sup>3)</sup> De serie con ventilador axial para giro a derechas. Para giro a izquierdas, solicitar opción K38

<sup>4)</sup> Para forma IMV1

▲ En el caso de motores alimentados con variador ( $U \leq 500V$ ), el noveno carácter de la referencia se debe sustituir por una "P": tipos 1LA8...-2PC□□ o 1LA8...-2PE□□. Dichos tipos incluyen rodamientos aislados de serie (equivalente a la opción L27 en tipos 1LG4). Si además se desea ventilación forzada, se debe sustituir la serie por 1PQ8: tipos 1PQ8...-2PC□□ o 1PQ8...-2PE□□. (equivalente a las opciones G17+L27 en tipos 1LG4). Los datos de la tabla son iguales, excepto los pesos y los niveles de ruido, que varían en los 1PQ8.


▶ Los valores indicados en la tabla corresponden a los nuevos tipos 1LE1 en los tamaños 100 a 160 y a los tipos 1LA7 en los tamaños 56 a 90.

# Motores trifásicos de baja tensión

## Tablas de selección

Motores estándares 1LE1/1LA7/1LG4 y N-COMPACT 1LA8/1PQ8 de una velocidad, EFF2, IP55

### Tablas de selección

Potencia nominal a 50 Hz	Potencia nominal a 60 Hz	Tamaño	Valores de Velocidad nominal 50 Hz	servicio a Par nominal 50 Hz	potencia nominal Clase eficiencia CEMEP	Rend. plena carga 50 Hz	Rend. a 3/4 de carga	Factor de potencia plena carga $\cos\varphi_N$	Corriente nominal 400V 50 Hz	Referencia (complementos del tipo en página 17)	Peso Forma constr. IM B3 aprox.
$P_N$ kW	$P_N$ kW		$n_N$ $\text{min}^{-1}$	$M_N$ Nm		$\eta_N$ %	$\eta_{3/4}$ %		$I_N$ A		$m$ Kg
4 polos 1500 $\text{min}^{-1}$ a 50 Hz 1800 $\text{min}^{-1}$ a 60 Hz, clase F, utilización B, IP 55										aluminio	
0,06	0,07	56 M	1350	0,42		56	55	0,77	0,2	1LE1 002-0AB2□-□□□□▶	3
0,09	0,11	56 M	1350	0,64		58	57	0,77	0,29	1LE1 002-0AB3□-□□□□▶	3
0,12	0,14	63 M	1350	0,85		55	54	0,75	0,42	1LE1 002-0BB2□-□□□□▶	3,5
0,18	0,21	63 M	1350	1,3		59	60	0,76	0,58	1LE1 002-0BB3□-□□□□▶	4,1
0,25	0,29	71 M	1350	1,8		60	60	0,78	0,77	1LE1 002-0CB2□-□□□□▶	4,8
0,37	0,43	71 M	1370	2,6		65	65	0,78	1,06	1LE1 002-0CB3□-□□□□▶	6
0,55	0,63	80 M	1395	3,8		67	67	0,81	1,46	1LE1 002-0DB2□-□□□□▶	9
0,75	0,86	80 M	1395	5,1		72	72	0,8	1,91	1LE1 002-0DB3□-□□□□▶	10
1,1	1,3	90 S	1415	7,4	EFF2	77	77	0,81	2,55	1LE1 002-0EB0□-□□□□▶	13
1,5	1,75	90 L	1420	10	EFF2	79	79	0,81	3,4	1LE1 002-0EB4□-□□□□▶	15,6
2,2	2,55	100 L	1425	14,8	EFF2	81	84	0,81	4,85	1LE1 002-1AB4□-□□□□▶	18
3	3,45	100 L	1425	20,2	EFF2	82,8	83,6	0,85	6,2	1LE1 002-1AB5□-□□□□▶	22
4	4,6	112 M	1435	27	EFF2	84,2	85,1	0,84	8,2	1LE1 002-1BB2□-□□□□▶	27
5,5	6,3	132 S	1450	36	EFF2	86	86,5	0,83	11,2	1LE1 002-1CB0□-□□□□▶	38
7,5	8,6	132 M	1450	49	EFF2	87	87,4	0,83	15	1LE1 002-1CB2□-□□□□▶	44
11	12,6	160 M	1460	72	EFF2	88,4	88,1	0,82	22	1LE1 002-1DB2□-□□□□▶	62
15	17,3	160 L	1460	98	EFF2	89,4	89,7	0,82	29,5	1LE1 002-1DB4□-□□□□▶	73
4 polos 1500 $\text{min}^{-1}$ a 50 Hz 1800 $\text{min}^{-1}$ a 60 Hz, clase F, utilización B, IP 55										fundición de hierro	
18,5	21,3	180 M	1465	121	EFF 2	90,4	90,8	0,84	35	1LG4 183-4AA□□	140
22	25,3	180 L	1465	143	EFF 2	91	91,5	0,84	41,5	1LG4 186-4AA□□	155
30	34,5	200 L	1465	196	EFF 2	91,6	92	0,85	56	1LG4 207-4AA□□	205
37	42,5	225 S	1475	240	EFF 2	92,2	92,6	0,85	68	1LG4 220-4AA□□	265
45	52	225 M	1475	291	EFF 2	93,1	93,6	0,86	81	1LG4 223-4AA□□	300
55	63	250 M	1480	355	EFF 2	93,5	93,8	0,85	100	1LG4 253-4AA□□	390
75	86	280 S	1485	482	EFF 2	94,2	94,1	0,85	136	1LG4 280-4AA□□	535
90	104	280 M	1485	579	EFF 2	94,6	94,6	0,86	160	1LG4 283-4AA□□	580
110	127	315 S	1488	706		94,6	94,6	0,85	198	1LG4 310-4AA□□	730
132	152	315 M	1488	847		95,2	95,2	0,85	235	1LG4 313-4AA□□	810
160	184	315 L	1486	1028		95,7	95,8	0,86	280	1LG4 316-4AA□□	955
200	230	315 L	1486	1285		95,9	96,2	0,88	340	1LG4 317-4AA□□	1060
4 polos 1500 $\text{min}^{-1}$ a 50 Hz 1800 $\text{min}^{-1}$ a 60 Hz, clase F, utilización B, IP 55										N-COMPACT, fundición de hierro	
250	288	315	1488	1600		96,0	96,0	0,87	430	1LA8 315-4AB□□▲	1300
315	362	315	1488	2020		96,2	96,2	0,87	540	1LA8 317-4AB□□▲	1500
355	408	355	1488	2280		96,3	96,3	0,87	610	1LA8 353-4AB□□▲	1900
400	460	355	1488	2570		96,4	96,4	0,87	690	1LA8 355-4AB□□▲	2000
500	575	355	1488	3210		96,7	96,7	0,88	850	1LA8 357-4AB□□▲	2200
560	644	400	1492	3580		96,7	96,7	0,88	950	1LA8 403-4AB□□▲	2800
630	725	400	1492	4030		96,9	96,9	0,88	1060	1LA8 405-4AB□□▲	3000
710	817	400	1492	4540		97,0	97,0	0,89	690 <sup>1)</sup>	1LA8 407-4AB□□▲	3200
800	920	450	1492	5120		97,0	97,0	0,88	780 <sup>1)</sup>	1LA8 453-4AC□□▲	4000
900	1040	450	1492	5760		97,1	97,1	0,88	880 <sup>1)</sup>	1LA8 455-4AC□□▲	4200
1000	1150	450	1492	6400		97,1	97,1	0,89	970 <sup>1)</sup>	1LA8 457-4AC□□▲	4400

# Motores trifásicos de baja tensión

## Tablas de selección

Motores estándares 1LE1/1LA7/1LG4 y N-COMPACT 1LA8/1PQ8 de una velocidad, EFF2, IP55

### Tablas de selección

Referencia (alternativa 1LA7 para versiones no disponibles como 1LE1)	Relación entre par de arranque y par nominal $M_A/M_N$	corriente arranque y corriente nominal $I_A/I_N$	par máximo y par nominal $M_K/M_N$	Clase par KL	Momento de inercia $J$ kgm <sup>2</sup>	Ruido		Máxima velocidad mecánica admisible <sup>2)</sup> $n_{max}$ min <sup>-1</sup>	Conductores en paralelo necesarios			
						Presión sonora en sup. de medida 50 Hz $L_{pIA}$ dB(A)	Potencia sonora 50 Hz $L_{WA}$ dB(A)		230 V	400 V	500 V	690 V
<b>4 polos 1500 min<sup>-1</sup> a 50 Hz 1800 min<sup>-1</sup> a 60 Hz, clase F, utilización B, IP 55</b>								<b>aluminio</b>				
1LA7 050-4AB□□▶	1,9	2,6	1,9	13	0,00027	42	53	4200				
1LA7 053-4AB□□▶	1,9	2,6	1,9	13	0,00027	42	53	4200				
1LA7 060-4AB□□▶	1,9	2,8	2	13	0,00029	42	53	4200				
1LA7 063-4AB□□▶	1,9	3	1,9	13	0,00037	42	53	4200				
1LA7 070-4AB□□▶	1,9	3	1,9	13	0,00052	44	55	4200				
1LA7 073-4AB□□▶	1,9	3,3	2,1	13	0,00077	44	55	4200				
1LA7 080-4AA□□▶	2,2	3,9	2,2	16	0,0014	47	58	4200				
1LA7 083-4AA□□▶	2,3	4,2	2,3	16	0,0017	47	58	4200				
1LA7 090-4AA□□▶	2,3	4,6	2,4	16	0,0024	50	62	4200				
1LA7 096-4AA□□▶	2,4	5,3	2,6	16	0,0033	50	62	4200				
1LA7 106-4AA□□▶	2,3	5,1	2,7	16	0,0059	60	72	4200				
1LA7 107-4AA□□▶	2,4	5,4	2,6	16	0,0078	60	72	4200				
1LA7 113-4AA□□▶	2,2	5,3	2,6	16	0,0102	58	70	4200				
1LA7 130-4AA□□▶	2,3	6,2	2,7	16	0,019	64	76	4200				
1LA7 133-4AA□□▶	2,5	6,6	2,9	16	0,024	64	76	4200				
1LA7 163-4AA□□▶	2,3	6,4	3,1	16	0,044	65	77	4200				
1LA7 166-4AA□□▶	2,5	7	3,4	16	0,056	65	77	4200				
<b>4 polos 1500 min<sup>-1</sup> a 50 Hz 1800 min<sup>-1</sup> a 60 Hz, clase F, utilización B, IP 55</b>								<b>fundición de hierro</b>				
1LG4 183-4AA□□	2,4	6,7	3,1	16	0,099	65	78	4200	sí			
1LG4 186-4AA□□	2,5	6,9	3,2	16	0,12	65	78	4200	sí			
1LG4 207-4AA□□	2,5	6,7	3,4	16	0,19	66	79	4200	sí			
1LG4 220-4AA□□	2,3	6,7	3,1	16	0,37	66	79	4500	sí			
1LG4 223-4AA□□	2,6	7,2	3,2	16	0,45	66	79	4500	sí			
1LG4 253-4AA□□	2,4	6,1	2,8	16	0,69	65	78	3700				
1LG4 280-4AA□□	2,5	7,1	3	16	1,2	70	84	3000	sí			
1LG4 283-4AA□□	2,5	7,4	3	16	1,4	70	84	3000	sí			
1LG4 310-4AA□□	2,5	6,4	2,8	16	1,9	70	84	2600	sí			
1LG4 313-4AA□□	2,7	6,8	2,9	16	2,3	71	85	2600	sí			
1LG4 316-4AA□□	2,7	6,8	2,8	16	2,9	71	85	2600		sí		
1LG4 317-4AA□□	2,6	6,5	2,8	16	3,5	71	85	2600		sí		
<b>4 polos 1500 min<sup>-1</sup> a 50 Hz 1800 min<sup>-1</sup> a 60 Hz, clase F, utilización B, IP 55</b>								<b>N-COMPACT, fundición de hierro</b>				
1LA8 315-4AB□□▲	1,9	6,5	2,8	13	3,6	73	87	3000	sí			
1LA8 317-4AB□□▲	2,0	6,8	2,8	13	4,4	73	87	3000	sí			
1LA8 353-4AB□□▲	2,1	6,5	2,6	13	6,1	75	90	2500	sí	sí		
1LA8 355-4AB□□▲	2,1	6,5	2,6	13	6,8	75	90	2500	sí	sí		
1LA8 357-4AB□□▲	2,1	6,5	2,4	13	8,5	75	90	2500	sí			
1LA8 403-4AB□□▲	1,9	6,5	2,7	13	13	78	93	2200/2100 <sup>3)</sup>	sí			
1LA8 405-4AB□□▲	1,9	6,8	2,7	13	14	78	93	2200/2100 <sup>3)</sup>	sí	sí		
1LA8 407-4AB□□▲	1,9	6,8	2,7	13	16	78	93	2200/2100 <sup>3)</sup>	sí	sí		
1LA8 453-4AC□□▲	1,6	7,0	2,6	10	23	81	96	2100/1800 <sup>3)</sup>	sí			
1LA8 455-4AC□□▲	1,6	7,0	2,6	10	26	81	96	2100/1800 <sup>3)</sup>		sí	sí	
1LA8 457-4AC□□▲	1,7	7,0	2,6	10	28	81	96	2100/1800 <sup>3)</sup>		sí	sí	

1) Corriente nominal a 690 V

2) Consultar valores en caso de motores 1LA8/1PQ8 con rodamientos reforzados

3) Para forma IMV1

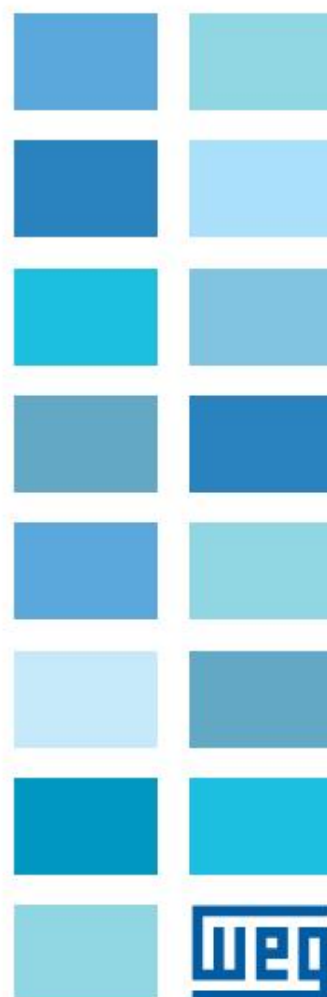
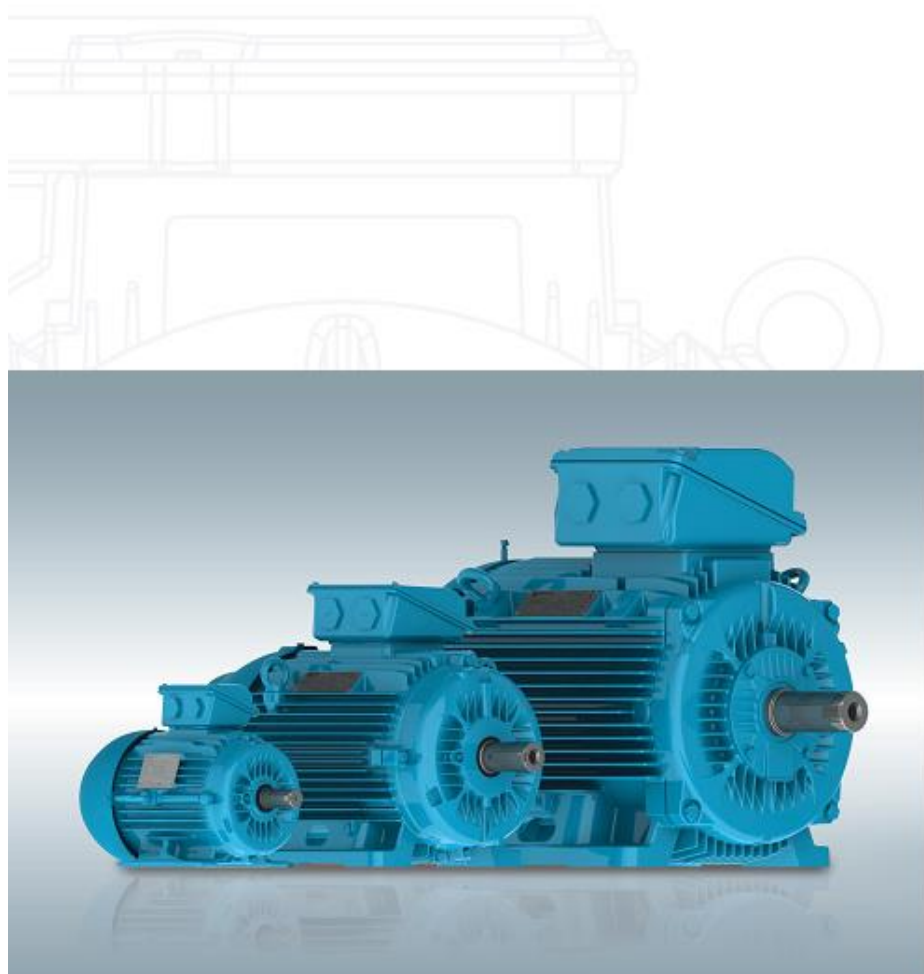
▲ En el caso de motores alimentados con variador ( $U \leq 500V$ ), el noveno carácter de la referencia se debe sustituir por una "P": tipos 1LA8...-4PB□□ o 1LA8...-4PC□□. Dichos tipos incluyen rodamientos aislados de serie (equivalente a la opción L27 en tipos 1LG4). Si además se desea ventilación forzada, se debe sustituir la serie por 1PQ8: tipos 1PQ8...-4PB□□ o 1PQ8...-4PC□□. (equivalente a las opciones G17+L27 en tipos 1LG4). Los datos de la tabla son iguales, excepto los pesos y los niveles de ruido, que varían en los 1PQ8.

▶ Los valores indicados en la tabla corresponden a los nuevos tipos 1LE1 en los tamaños 100 a 160 y a los tipos 1LA7 en los tamaños 56 a 90.

## Catálogo de motores BT

Tipo de construcción: Aluminio y Fundición

Grado de eficiencia: IE2 según IEC 60034-30



## Gama de motores Fundición de hierro

Potencia kW	Carcasa	In (A) 400V	II/In	Cp/Cn	Cm/Cn	Inercia (kgm <sup>2</sup> )	Nivel sonoro dB(A)	Peso (kg)	% de plena carga					
									Eficiencia			Factor de potencia		
									50	75	100	50	75	100

### W22 - Fundición de hierro- Alta Eficiencia - IE2- 2 Polos

0,75	90S	1,71	6,5	270%	280%	0,00117	62	15,5	77	79	79	0,61	0,73	0,8
1,1	90S	2,38	6,1	250%	260%	0,0014	62	16,5	80	80,5	80,5	0,65	0,77	0,83
1,5	90L	3,14	5,9	260%	260%	0,00162	62	17,5	81,5	82	82	0,66	0,78	0,84
2,2	100L	4,47	7,5	260%	300%	0,00428	67	26,5	82,5	83,6	83,6	0,66	0,78	0,85
3	100L	5,92	7,7	290%	310%	0,00508	67	28,5	84	85	85	0,68	0,8	0,86
4	112M	7,72	6,5	230%	290%	0,00657	64	38	86	86	86	0,7	0,81	0,87
5,5	132S	10,6	6,8	220%	300%	0,01619	67	60	86,5	88	88	0,68	0,79	0,85
7,5	132M	14,1	6,8	220%	290%	0,01979	67	63	88	88,5	88,5	0,72	0,82	0,87
9,2	132M	17,3	7,6	250%	320%	0,02339	67	70	88,5	89	89	0,7	0,81	0,86
15	160L	27,6	7	230%	300%	0,03911	67	112	91	91,3	91,3	0,71	0,81	0,86
18,5	180M	33,1	7	210%	290%	0,0867	67	156	91,4	92	91,8	0,75	0,84	0,88
22	180L	39,1	7,3	220%	300%	0,09754	67	164	92	92,4	92,2	0,76	0,84	0,88
30	200L	53,6	6,5	240%	270%	0,17027	72	226	92,5	93	92,9	0,75	0,83	0,87
37	200L	65,8	6,8	240%	260%	0,22424	72	255	93	93,4	93,3	0,76	0,84	0,87
45	225S/M	78	7	220%	280%	0,325	75	356	93,3	93,6	93,6	0,79	0,86	0,89
55	250S/M	95	7	200%	280%	0,32262	75	413	93,6	93,9	93,9	0,79	0,86	0,89
75	280S/M	129	7	200%	280%	0,85411	77	630	93,4	94,3	94,3	0,79	0,86	0,89
90	280S/M	154	7	200%	280%	0,93857	77	653	94	94,6	94,6	0,79	0,86	0,89
110	315S/M	188	7,3	200%	290%	0,96911	77	874	94,3	94,9	94,9	0,79	0,86	0,89
132	315S/M	223	7,3	200%	290%	1,13536	77	931	94,5	95,1	95,1	0,8	0,87	0,9
160	315S/M	269	7,5	220%	290%	1,30242	77	995	94,8	95,3	95,3	0,8	0,87	0,9
185	315S/M	314	7,5	220%	310%	1,42433	77	1032	94,9	95,5	95,4	0,8	0,86	0,89
200	315L	336	7,5	230%	280%	1,55381	78	1175	95	95,5	95,4	0,82	0,88	0,9
200	315S/M	336	7,5	230%	280%	2,16513	77	1175	95	95,5	95,4	0,82	0,88	0,9
220	315L	369	7,8	240%	280%	5,17105	78	1228	95	95,5	95,5	0,81	0,87	0,9
220	355S/M	369	7,6	180%	250%	4,41704	80	1560	95,1	95,6	95,5	0,86	0,89	0,9
250	315L	415	7,8	240%	280%	5,74561	78	1316	95,1	95,6	95,5	0,84	0,89	0,91
250	355M/L	415	7,9	220%	280%	4,84797	80	1634	95,2	95,6	95,6	0,86	0,89	0,91
280	315L	465	7,9	230%	280%	5,74561	78	1442	95,2	95,6	95,6	0,85	0,89	0,91
280	355M/L	465	7,7	190%	260%	5,06343	80	1669	95,2	95,6	95,6	0,86	0,89	0,91
300	315L	503	7,5	250%	250%	0	86	1442	95,2	95,6	95,6	0,84	0,88	0,9
300	355M/L	492	8	250%	260%	5,60209	80	1777	95,2	95,6	95,6	0,87	0,91	0,92
315	315L	528	7,9	220%	270%	4,0145	86	1442	95,2	95,6	95,6	0,84	0,88	0,9
315	355M/L	517	7,8	210%	260%	5,60209	80	1777	95,2	95,6	95,6	0,87	0,91	0,92
355	355M/L	589	7,9	220%	280%	6,00505	80	1838	95,3	95,6	95,6	0,87	0,9	0,91
370	355A/B	616	7,9	250%	280%	6,76	83	2046	95,8	96,1	96,4	0,85	0,89	0,9
400	355A/B	658	7,6	240%	280%	6,76	83	2043	95,8	96,2	96,4	0,85	0,89	0,91
450	355A/B	739	7,5	250%	270%	7,4	83	2160	95,8	96,2	96,6	0,85	0,9	0,91



## Gama de motores Fundición de hierro

Potencia kW	Carcasa	In (A) 400V	II/In	Cp/Cn	Cm/Cn	Inercia (kgm <sup>2</sup> )	Nivel sonoro dB(A)	Peso (kg)	% de plena carga					
									Eficiencia			Factor de potencia		
									50	75	100	50	75	100

### W22 - Fundición de hierro- Alta Eficiencia - IE2- 4 Polos

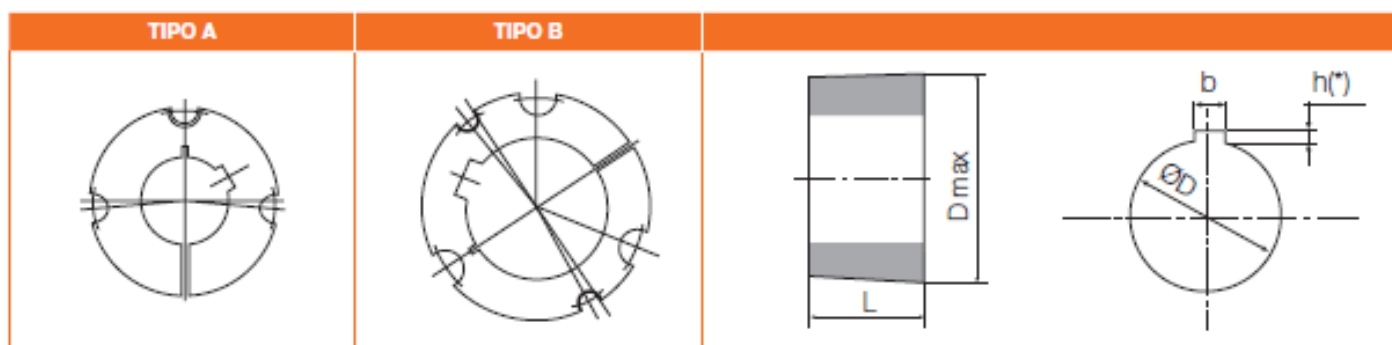
0,25	80	0,6	5,5	200%	250%	0,00153	7644	9	70	74	74	0,61	0,74	0,81
0,37	80	0,87	5,7	220%	270%	0,00187	44	9,5	73	75,5	75,5	0,6	0,73	0,81
0,55	80	1,27	5,8	240%	280%	0,00221	44	10,5	75	76,5	76,5	0,61	0,74	0,82
0,75	90S	1,99	5,9	220%	260%	0,00384	49	17,5	78	80	80	0,59	0,72	0,8
1,1	90S	2,4	6,5	210%	260%	0,00494	49	19	81	81,8	81,8	0,62	0,75	0,81
1,5	90L	3,26	6,3	200%	280%	0,00546	49	22	81,5	83	83	0,57	0,72	0,8
2,2	100L	4,64	6,6	310%	320%	0,00822	53	30,5	84	84,5	84,5	0,63	0,75	0,81
3	100L	6,17	6,5	320%	330%	0,00972	53	33	85	85,6	85,6	0,64	0,76	0,82
4	112M	8,12	6,6	200%	260%	0,01558	56	42	86	86,7	86,7	0,64	0,76	0,82
5,5	132S	10,5	7,3	190%	300%	0,04163	56	63	88	88,1	88,1	0,69	0,81	0,86
7,5	132M	14,1	7,2	200%	300%	0,05284	56	72	88,7	89	89	0,71	0,81	0,86
9,2	132M	17,3	7,7	220%	320%	0,06039	56	75	89,2	89,5	89,5	0,7	0,81	0,86
11	160M	21,2	6,4	230%	280%	0,07304	61	105	89	90,2	90,2	0,65	0,76	0,83
15	160L	28,7	6,2	230%	280%	0,08743	61	125	90,6	91	91	0,66	0,76	0,83
18,5	180M	35,1	6,6	240%	280%	0,16569	61	164	91,5	91,8	91,6	0,68	0,78	0,83
22	180L	40,5	6,8	260%	290%	0,20057	61	186	92,2	92,5	92,3	0,7	0,8	0,85
30	200L	56,2	6,3	220%	260%	0,29291	65	222	92,6	93	92,8	0,68	0,78	0,83
37	225S/M	66,6	6,6	220%	270%	0,61262	66	342	93	93,2	93,2	0,74	0,83	0,86
45	225S/M	80,7	6,8	240%	270%	0,71472	66	363	93,2	93,7	93,6	0,74	0,83	0,86
55	250S/M	97,1	6,4	220%	270%	0,80926	66	444	93,6	93,9	94	0,75	0,84	0,87
75	280S/M	133	7,2	200%	270%	1,64446	69	639	93,8	94,4	94,4	0,74	0,83	0,86
90	280S/M	158	7,2	210%	270%	1,87938	69	673	94,1	94,7	94,7	0,76	0,84	0,87
110	315S/M	194	6,6	200%	240%	1,78752	71	887	94,3	95	95	0,74	0,83	0,86
132	315S/M	230	6,6	210%	240%	2,17063	71	953	94,6	95,2	95,2	0,76	0,84	0,87
160	315S/M	278	6,6	220%	240%	2,48072	71	1012	94,8	95,4	95,4	0,77	0,84	0,87
185	315S/M	325	6,8	240%	240%	2,77676	71	1114	94,9	95,6	95,6	0,75	0,83	0,86
200	315L	347	6,7	240%	240%	3,9345	74	1216	95	95,6	95,6	0,77	0,84	0,87
200	315S/M	347	6,7	240%	240%	3,08528	71	1216	95	95,6	95,6	0,77	0,84	0,87
220	315L	381	7	260%	240%	6,85703	74	1333	95,2	95,7	95,7	0,76	0,84	0,87
220	355S/M	390	6,4	200%	220%	6,48288	76	1441	95,3	95,7	95,7	0,73	0,81	0,85
250	315L	428	7	260%	240%	8,12016	74	1399	95,3	95,7	95,7	0,77	0,85	0,88
250	355M/L	443	6,8	210%	240%	7,18849	76	1470	95,4	95,8	95,8	0,73	0,82	0,85
280	315L	485	7,2	260%	240%	9,0224	74	1496	95,4	95,8	95,8	0,76	0,84	0,87
280	355M/L	496	6,6	210%	240%	8,05404	76	1510	95,5	95,8	95,8	0,74	0,82	0,85
300	315L	532	7,6	250%	250%	9,92464	78	1540	95,4	95,8	95,8	0,72	0,8	0,85
300	355M/L	532	7,2	220%	240%	8,59098	76	1510	95,5	95,8	95,8	0,74	0,82	0,85
315	315L	558	7,6	250%	250%	9,92464	78	1540	95,4	95,8	95,8	0,72	0,8	0,85
315	355M/L	552	7,2	240%	240%	8,94894	76	1643	95,5	95,8	95,8	0,74	0,82	0,86
330	355M/L	578	6,8	220%	240%	9,84383	76	1769	95,5	95,8	95,8	0,75	0,83	0,86
355	355M/L	622	6,9	240%	230%	10,73873	76	1752	95,5	95,8	95,8	0,75	0,83	0,86
370	355M/L	648	7	240%	240%	11,63362	76	1971	95,5	95,8	95,8	0,75	0,83	0,86
400	355A/B	714	7,6	260%	290%	13,22	76	2089	95,7	96,2	96,2	0,68	0,79	0,84
400	355M/L	701	7,3	260%	240%	11,63362	76	1888	95,5	95,8	95,8	0,74	0,82	0,86
450	355A/B	804	7,4	250%	280%	13,22	76	2089	95,8	96,2	96,2	0,69	0,8	0,84
500	355A/B	882	7,3	240%	270%	14,62	76	2246	95,9	96,3	96,3	0,72	0,81	0,85







# TABLAS DE CASQUILLO CÓNICO



TIPO		1008 A	1108 A	1210 A	1215 A	1310 A	1610 A	1615 A	2012 A	2517 A	2525 A	3020 A	3030 A	3525 B	3535 B	4040 B	4545 B	5050 B
Peso con Ø D mín.	Kg	0,12	0,16	0,28	0,39	0,32	0,42	0,61	0,75	1,10	2,25	2,61	3,80	3,90	5,25	7,80	12,80	15,30
D máx.	mm	35,0	38,0	47,5	47,5	50,5	57,0	57,0	70,0	85,5	85,5	108,0	108,0	127,0	127,0	146,0	162,0	177,5
L	mm	22,3	22,3	25,4	38,1	25,4	25,4	38,1	31,8	44,5	63,5	50,8	76,2	63,5	88,9	101,8	114,3	127,0
Tornillos de hexágono interior (Allen)		1/4" x 1/2"	1/4" x 1/2"	3/8" x 5/8"	3/8" x 5/8"	3/8" x 5/8"	3/8" x 5/8"	3/8" x 5/8"	7/16" x 7/8"	1/2" x 1"	1/2" x 1"	5/8" x 1 1/4"	5/8" x 1 1/4"	1/2" x 1 1/2"	1/2" x 1 1/2"	5/8" x 1 3/4"	3/4" x 2"	7/8" x 2 1/4"
Tamaño de la llave hexagonal (Allen)	Nr	3,0	3,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,0	6,0	6,0	8,0	8,0	10,0	10,0	12,0	14,0	14,0
Par de apriete	Nm.	5,7	5,7	20	20	20	20	20	31	49	49	92	92	115	115	172	195	275

Ø D mm	b mm	h mm	*	1008	1108	1210	1215	1310	1610	1615	2012	2517	2525	3020	3030	3525	3535	4040	4545	5050	
9	3	1,4																			
10	3	1,4																			
11	4	1,8																			
12	4	1,8																			
14	5	2,3																			
15	5	2,3																			
16	5	2,3																			
18	6	2,8																			
19	6	2,8																			
20	6	2,8																			
22	6	2,8																			
24	8	3,3	2	*																	
25	8	3,3	1,3	*																	
28	8	3,3	2		*																
30	8	3,3																			
32	10	3,3																			
35	10	3,3																			
38	10	3,3																			
40	12	3,3																			
42	12	3,3	2,2						*	*											
45	14	3,8																			
48	14	3,8																			
50	14	3,8																			
55	16	4,3																			
60	18	4,4																			
65	18	4,4																			
70	20	4,9																			
75	20	4,9																			
80	22	5,4																			
85	22	5,4																			
90	25	5,4																			
95	25	5,4																			
100	28	6,4																			
105	28	6,4																			
110	28	6,4																			
115	32	7,4																			
120	32	7,4																			
125	32	7,4																			

Por necesidades de fabricación, las especificaciones de este catálogo pueden ser variadas sin previo aviso.

Dp	Canales	Casquillo	Eje Ø máx.	Figura	B	J	K	L	N	De	Peso
56	1	1008	25	3	16			37		60.6	0.50
	2	1008	25	3	49	33.0	27.0	22		60.6	0.57
60	1	1008	25	3	16			22		64.6	0.31
	2	1108	28	3	59	35.0	27.0	22		64.6	0.44
63	1	1108	28	2	16			22	62	67.6	0.27
	2	1108	28	1	28			28		67.6	0.31
	3	1108	28	6	40	38.0	18.0	22		67.6	0.44
67	1	1108	28	2	16			22	62	71.6	0.32
	2	1108	28	1	28			28		71.6	0.40
	3	1108	28	6	40	38.0	18.0	22		71.6	0.53
71	1	1108	28	2	16			22	62	75.6	0.36
	2	1108	28	1	28			28		75.6	0.56
	3	1108	28	6	40	42.0	18.0	22		75.6	0.62
75	1	1108	28	2	16			22	62	79.6	0.44
	2	1210	32	1	28			28		79.6	0.42
	3	1210	32	6	40	48.0	15.0	25		79.6	0.58
80	1	1210	32	2	16			25	75	84.6	0.50
	2	1210	32	1	28			28		84.6	0.54
	3	1210	32	6	40	52.0	15.0	25		84.6	0.73
	4	1210	32	6	52	51.0	27.0	25		84.6	0.90
85	1	1210	32	2	16			25	86	89.6	0.77
	2	1610	42	1	28			28		89.6	0.53
	3	1610	42	6	40	57.0	15.0	25		89.6	0.72
	4	1610	42	6	52	56.0	27.0	25		89.6	0.96
	5	1610	42	6	64	56.0	39.0	25		89.6	1.15
90	1	1210	32	2	16			25	86	94.6	0.86
	2	1610	42	1	28			28		94.6	0.81
	3	1610	42	6	40	62.0	15.0	25		94.6	0.87
	4	1610	42	6	52	61.0	27.0	25		94.6	1.10
	5	1610	42	6	64	61.0	39.0	25		94.6	1.29
95	1	1210	32	2	16			25	86	99.6	0.84
	2	1610	42	1	28			28		99.6	0.81
	3	1610	42	6	40	67.0	15.0	25		99.6	0.99
	4	1610	42	6	52	66.0	27.0	25		99.9	1.26
	5	1610	42	6	64	66.0	39.0	25		99.9	1.46
100	1	1210	32	2	16			25	86	104.6	0.92
	2	1610	42	1	28			28		104.6	0.97
	3	1610	42	4	40	72.0	15.0	25		104.6	1.17
	4	1610	42	4	52	74.0	27.0	25		104.6	1.36
	5	2012	50	6	64	71.0	32.0	32		104.6	1.61
	6	2012	50	6	76	71.0	44.0	32		104.6	1.71
106	1	1610	42	2	16			25	92	110.6	0.95
	2	1610	42	1	28			28		110.6	1.14
	3	1610	42	4	40	78.0	15.0	25		110.6	1.35
	4	1610	42	4	52	80.0	27.0	25		110.6	1.88
	5	2012	50	6	64	77.0	32.0	32		110.6	2.03
	6	2012	50	6	76	77.0	44.0	32		110.6	2.00

Dp	Canales	Casquillo	Eje Ø máx.	Figura	B	J	K	L	N	De	Peso
112	1	1610	42	2	16			25	92	116.6	1.07
	2	1610	42	1	28			28		116.6	1.34
	3	2012	50	4	40	84.0	8.0	32		116.6	1.42
	4	2012	50	4	52	86.0	20.0	32		116.6	1.66
	5	2012	50	6	64	83.0	32.0	32		116.6	2.01
	6	2012	50	6	76	83.0	44.0	32		116.6	2.62
118	1	1610	42	2	16			25	92	122.6	1.20
	2	1610	42	1	28			28		122.6	1.52
	3	2012	50	4	40	90.0	8.0	32		122.6	1.70
	4	2012	50	4	52	92.0		32		122.6	1.94
	5	2012	50	4	64	89.0	32.0	32		122.6	2.29
	6	2517	65	6	76	89.0	31.0	45		122.6	2.27
125	1	1610	42	2	16			25	92	129.6	1.51
	2	1610	42	1	28			28		129.6	1.83
	3	2012	50	4	40	97.0	8.0	32		129.6	2.00
	4	2012	50	4	52	99.0		32		129.6	2.77
	5	2012	50	4	64	96.0	32.0	32		129.6	3.12
	6	2517	65	6	76	96.0	31.0	45		129.6	2.71
132	1	1610	42	2	16			25	92	136.6	1.69
	2	1610	42	1	28			28		136.6	2.02
	3	2012	50	4	40	104.0	8.0	32		136.6	2.32
	4	2012	50	4	52	104.0	20.0	32		136.6	2.80
	5	2517	65	4	64	103.0	19.0	45		136.6	3.00
	6	2517	65	4	76	103.0	31.0	45		136.6	3.20
140	1	1610	42	2	16			25	92	144.6	1.87
	2	1610	42	1	28			28		144.6	2.41
	3	2012	50	4	40	112.0		32		144.6	2.73
	4	2012	50	4	52	112.0		32		144.6	3.10
	5	2517	65	4	64	111.0		45		144.6	3.45
	6	2517	65	4	76	111.0		45		144.6	3.85
150	1	1610	42	2	16			25	92	154.6	1.95
	2	2012	50	8	28	128.5		32	106	154.6	3.03
	3	2012	50	4	40	122.0		32		154.6	3.20
	4	2517	65	4	52	122.0		45		154.6	3.80
	5	2517	65	4	64	121.0		45		154.6	4.20
	6	2517	65	4	76	121.0		45		154.6	4.58
160	8	2517	65	5	100	120.0	27.5	45		154.6	5.48
	1	1610	42	2	16			25	92	164.6	2.22
	2	2012	50	8	28	138.5		32	106	164.6	3.73
	3	2012	50	4	40	132.0		32		164.6	4.32
	4	2517	65	4	52	132.0		45		164.6	4.91
	5	2517	65	4	64	131.0		45		164.6	5.06
160	6	2517	65	4	76	131.0		45		164.6	5.51
	8	2517	65	5	100	130.0	27.5	45		164.6	6.39

Dp	Canales	Casquillo	Eje Ø máx	Figura	B	J	K	L	N	De	Peso
170	1	1610	42	2	16			25	92	174.6	2.50
	2	2012	50	8	28			32	112	174.6	3.78
	3	2012	50	4	40	142.0	8.0	32		174.6	4.42
	4	2517	65	4	52	142.0		45		174.6	5.44
	5	2517	65	4	64	141.0		45		174.6	5.91
	6	2517	65	4	76	141.0		45		174.6	6.33
	8	2517	65	5	100	140.0	27.5	45		174.6	7.34
	180	1	1610	42	8	16	152.0		25	92	184.6
2		2012	50	8	28	152.0		32	106	184.6	3.39
3		2012	50	7	40	152.0		32	105	184.6	4.67
4		2517	65	4	52	152.0		45		184.6	6.30
5		2517	65	4	64	151.0		45		184.6	6.85
6		2517	65	4	76	151.0		45		184.6	7.27
8		2517	65	5	100	150.0	27.5	45		184.6	8.34
190		1	1610	42	8	16	162.0		32	92	194.6
	2	2012	50	8	28	162.0		32	106	194.6	3.60
	3	2012	50	7	40	162.0		32	106	194.6	4.12
	4	2517	65	4	52	160.0		45		194.6	7.25
	5	2517	65	4	64	160.0		45		194.6	7.92
	6	2517	65	5	76	160.0	15.5	45		194.6	9.25
200	1	2012	50	8	16	172.0		32	106	204.6	3.66
	2	2012	50	8	28	172.0		32	106	204.6	4.04
	3	2012	50	7	40	172.0		32	106	204.6	4.52
	4	2517	65	7	52	172.0	3.5	45	125	204.6	5.50
	5	2517	65	5	64	171.0	9.5	45		204.6	8.81
	6	2517	65	5	76	171.0	15.5	45		204.6	10.54
	8	3020	75	5	100	170.0	24.5	51		204.6	10.08
	224	1	2012	50	8	16	195.0		32	105	228.6
2		2012	50	8	28	195.0		32	105	228.6	4.23
3		2012	50	7	40	195.0	4.0	32	105	228.6	5.43
4		2517	65	7	52	195.0	3.5	45	125	228.6	6.90
5		2517	65	7	64	195.0	9.5	45	124	228.6	8.75
6		2517	65	7	76	195.0	15.5	45	124	228.6	9.65
8		3020	75	5	100	195.0	24.5	51		228.6	13.13
250		1	2012	50	8	16	221.0		32	105	254.6
	2	2012	50	8	28	221.0		32	105	254.6	5.05
	3	2012	50	7	40	221.0	4.0	32	105	254.6	6.10
	4	2517	65	7	52	221.0	3.5	45	125	254.6	7.50
	5	2517	65	7	64	221.0	9.5	45	124	254.6	8.70
	6	2517	65	7	76	221.0	15.5	45	125	254.6	12.71
	8	3020	75	7	100	220.0	24.5	51	146	254.6	12.29
	280	1	2012	50	8	16	251.0	8.0	32	112	284.6
2		2012	50	8	28	251.0		32	105	284.6	6.99
3		2517	65	8	40	251.0		45	125	284.6	9.25
4		2517	65	7	52	251.0	3.5	45	125	284.6	10.39
5		2517	65	7	64	251.0	9.5	45	124	284.6	11.76
6		2517	65	7	76	251.0	15.5	45	124	284.6	11.37
8		3020	75	7	100	250.0	24.5	51	146	284.6	14.69

Dp	Canales	Casquillo	Eje Ø máx	Figura	B	J	K	L	N	De	Peso
315	1	2012	50	8	16	286.0	8.0	32	112	319.6	7.30
	2	2012	50	8	28	286.0		32	112	319.6	8.44
	3	2517	65	8	40	286.0		45	125	319.6	11.29
	4	2517	65	7	52	286.0	3.5	45	125	319.6	13.09
	5	2517	65	7	64	286.0	9.5	45	124	319.6	15.20
	6	2517	65	7	76	286.0	15.5	45	124	319.6	13.00
	8	3020	75	7	100	285.0	24.5	51	146	319.6	17.48
	355	1	2012	50	10	16	326.0	8.0	32	112	359.6
2		2012	50	10	28	326.0	2.0	32	112	359.6	7.80
3		2517	65	10	40	326.0	2.5	45	124	359.6	11.27
4		2517	65	9	52	326.0	3.5	45	124	359.6	12.20
5		2517	65	9	64	326.0	9.5	45	124	359.6	13.96
6		2517	65	9	76	326.0	15.5	45	124	359.6	16.30
8		3030	75	9	100	326.0	12.0	76	146	359.6	18.66
400		1	2012	50	10	16	371.0		32	112	404.6
	2	2517	65	10	28	371.0		45	124	404.6	9.57
	3	2517	65	10	40	371.0		45	124	404.6	11.56
	4	2517	65	9	52	371.0	3.5	45	124	404.6	14.21
	5	3020	75	9	64	371.0	6.5	51	159	404.6	12.95
	6	3030	75	9	76	371.0		76	150	404.6	15.44
	8	3030	75	9	100	370.0	12.0	76	146	404.6	18.20
	450	1	2517	65	10	16	421.0	14.5	45	178	454.6
2		2517	65	10	28	421.0	8.5	45	125	454.6	11.18
3		2517	65	10	40	421.0	2.5	45	125	454.6	14.66
4		3020	75	9	52	421.0	0.5	51	155	454.6	16.80
5		3020	75	9	64	421.0	6.5	51	155	454.6	19.70
6		3030	75	9	76	421.0		76	150	454.6	18.45
500	2	2517	65	10	28	472.0	8.5	45	124	504.6	15.72
	3	2517	65	10	40	471.0	2.5	45	124	504.6	19.73
	4	3020	75	9	52	471.0	0.5	51	159	504.6	21.40
	5	3030	75	10	64	471.0	6.0	76	146	504.6	22.27
	6	3030	75	9	76	471.0		76	150	504.6	20.19
	630	2	2517	65	10	28	601.0	8.5	45	124	634.6
3		2517	65	10	40	601.0	2.5	45	124	634.6	19.25
4		3030	75	10	52	601.0	12.0	76	155	634.6	31.01
5		3535	90	10	64	601.0	12.5	89	178	634.6	28.10
6		3535	90	10	76	601.0	6.5	89	178	634.6	29.98
800		3	3020	75	10	40	770.0	5.5	51	146	804.6
	4	3030	75	10	52	770.0	12.0	76	146	804.6	30.45
	5	3535	90	10	64	770.0	12.5	89	178	804.6	38.62
	6	3535	90	10	76	770.0	6.5	89	178	804.6	43.57

Dp	Canales	Cascoillo	Eje Ø máx	Figura	B	J	K	L	N	De	Peso
67	1	1108	28	2	20			22	60	73.2	0.32
	2	1108	28	6	35	37.0	13.0	22		73.2	0.46
71	1	1108	28	2	20			22	60	77.2	0.37
	2	1108	28	6	35	40.0	13.0	22		77.2	0.55
	3	1108	28	6	50	40.0	28.0	22		77.2	0.74
75	1	1108	28	2	20			22	60	81.2	0.43
	2	1108	28	6	35	44.0	13.0	22		81.2	0.63
	3	1108	28	6	50	44.0	28.0	22		81.2	0.83
80	1	1210	32	2	20			25	84	86.2	0.53
	2	1210	32	6	35	50.0	10.0	25		86.2	0.63
	3	1210	32	6	50	50.0	25.0	25		86.2	0.84
85	1	1210	32	2	20			25	88	91.2	0.66
	2	1210	32	6	35	57.0	10.0	25		91.2	0.73
	3	1210	32	6	50	55.0	25.0	25		91.2	0.99
90	1	1210	32	2	20			25	90	96.2	0.75
	2	1610	42	6	35	60.0	10.0	25		96.2	0.74
	3	1610	42	6	50	55.6	25.0	25		96.2	1.07
	4	1615	42	6	65	55.6	27.0	38		96.2	1.37
95	1	1210	32	2	20			25	90	101.2	0.85
	2	1610	42	6	35	60.6	10.0	25		101.2	0.91
	3	1610	42	6	50	60.6	25.0	25		101.2	1.23
	4	1615	42	6	65	60.6	27.0	38		101.2	1.61
100	1	1610	42	2	20			25	92	106.2	0.80
	2	1610	42	6	35	65.6	10.0	25		106.2	1.05
	3	1610	42	4	50	65.6	25.0	25		106.2	1.38
	4	1615	42	4	65	65.6	27.0	38		106.2	1.82
	5	1610	42	5	80	69.0	15.0	25		106.2	1.92
	6	1610	42	5	95	69.0	30.0	25		106.2	2.23
106	1	1610	42	8	20	87.6		25	85	112.2	0.90
	2	1610	42	4	35	71.6	10.0	25		112.2	1.24
	3	1610	42	4	50	71.6	25.0	25		112.2	1.57
	4	2012	50	6	65	72.0	33.0	32		112.2	1.76
	5	2012	50	6	80	71.0	48.0	32		112.2	2.17
	6	2012	50	6	95	71.0	63.0	32		112.2	2.53
112	1	1610	42	8	20	90.4		25	90	118.2	1.05
	2	1610	42	4	35	77.6	10.0	25		118.2	1.43
	3	2012	50	6	50	77.6	18.0	32		118.2	1.63
	4	2012	50	6	65	77.6	33.0	32		118.2	2.00
	5	2012	50	6	80	77.0	48.0	32		118.2	2.41
	6	2012	50	6	95	77.0	63.0	32		118.2	2.86
118	1	1610	42	8	20	96.4		25	92	124.2	1.20
	2	1610	42	4	35	83.6	10.0	25		124.2	1.63
	3	2012	50	4	50	83.6	18.0	32		124.2	1.91
	4	2012	50	4	65	83.6	33.0	32		124.2	2.30
	5	2012	50	4	80	84.0		32		124.2	2.70
	6	2012	50	4	95	84.0	63.0	32		124.2	3.14

Dp	Canales	Cascoillo	Eje Ø máx	Figura	B	J	K	L	N	De	Peso
125	1	1610	42	8	20	105.5		25	92	131.2	1.40
	2	1610	42	4	35	90.0		25		131.2	2.00
	3	2012	50	4	50	90.6		32		131.2	2.32
	4	2012	50	4	65	90.6		32		131.2	2.74
	5	2012	50	5	80	93.0	24.0	32		131.2	3.11
	6	2012	50	5	95	90.0	31.5	32		131.2	3.71
132	1	1610	42	8	20	112.5		25	92	138.2	1.55
	2	2012	50	4	35	96.0		32		138.2	2.17
	3	2012	50	4	50	97.6		32		138.2	2.67
	4	2517	65	4	65	97.6		45		138.2	2.86
	5	2517	65	5	80	102.0	17.5	45		138.2	3.25
	6	2517	65	5	95	102.0	25.0	45		138.2	3.60
140	1	1610	42	8	20	120.5		25	92	146.2	1.77
	2	2012	50	1	35			32		146.2	2.70
	3	2517	65	4	50	105.6		45		146.2	3.19
	4	2517	65	4	65	105.6		45		146.2	3.50
	5	2517	65	5	80	108.0	17.5	45		146.2	3.90
	6	2517	65	5	95	105.0	25.0	45		146.2	4.60
150	1	1610	42	8	20	130.5		25	92	156.2	2.10
	2	2012	50	1	35			32		156.2	3.20
	3	2517	65	4	50	115.6		45		156.2	3.67
	4	2517	65	4	65	115.6		45		156.2	4.20
	5	2517	65	5	80	118.0	17.5	45		156.2	4.67
	6	2517	65	5	95	115.0	25.0	45		156.2	5.36
160	1	1610	42	8	20	140.5		25	92	166.2	2.32
	2	2012	50	1	35			32		166.2	3.87
	3	2517	65	4	50	125.6		45		166.2	4.42
	4	2517	65	4	65	125.6		45		166.2	5.09
	5	2517	65	5	80	128.0	17.5	45		166.2	5.61
	6	2517	65	5	95	125.0	25.0	45		166.2	6.37
170	1	1610	42	8	20	150.5		25	92	176.2	2.61
	2	2012	50	1	35			32		176.2	4.41
	3	2517	65	4	50	136.6		45		176.2	5.25
	4	2517	65	4	65	136.6		45		176.2	5.92
	5	2517	65	5	80	136.0	17.5	45		176.2	6.52
	6	2517	65	5	95	135.0	25.0	45		176.2	7.25
180	1	1610	42	8	20	145.6		25	92	186.2	2.38
	2	2012	50	1	35			32		186.2	5.10
	3	2517	65	4	50	145.6		45		186.2	6.30
	4	2517	65	4	65	145.6		45		186.2	7.00
	5	3020	75	5	80	148.0	14.5	51		186.2	6.75
	6	3020	75	5	95	145.0	22.0	51		186.2	7.55
190	1	1610	42	8	20	155.6		25	92	196.2	2.50
	2	2012	50	7	35	155.6		32	105	196.2	3.53
	3	2517	65	4	50	155.6		45		196.2	7.05
	4	2517	65	4	65	155.6		45		196.2	7.80
	5	3020	75	4	80	156.0		51		196.2	7.95
	6	3020	75	5	95	155.0	22.0	51		196.2	8.92

Dp	Canales	Casquillo	Eje Ø máx	Figura	B	J	K	L	N	De	Peso
200	1	2012	50	8	20	165.6		32	105	206.2	2.97
	2	2517	65	8	35	165.6		45	125	206.2	4.71
	3	2517	65	7	50	165.6		45	125	206.2	5.48
	4	3020	75	4	65	165.6		51		206.2	8.36
	5	3020	75	5	80	168.0	14.5	51		206.2	9.01
	6	3020	75	5	95	165.0	22.0	51		206.2	10.00
212	1	2012	50	8	20	178.0		32	105	218.2	3.70
	2	2517	65	8	35	178.0		45	125	218.2	6.00
	3	2517	65	7	50	178.0	2.5	45	125	218.2	6.82
	4	3020	75	4	65	178.0		51		218.2	9.77
	5	3020	75	4	80	178.0		51		218.2	10.06
	6	3020	75	5	95	178.0	22.0	51		218.2	11.44
224	1	2012	50	8	20	190.0		32	105	230.2	4.10
	2	2517	65	8	35	190.0		45	125	230.2	6.58
	3	2517	65	7	50	190.0	2.5	45	125	230.2	7.45
	4	3020	75	4	65	189.6		51		230.2	11.33
	5	3020	75	4	80	189.0		51		230.2	12.05
	6	3020	75	5	95	189.0	22.0	51		230.2	13.19
236	1	2012	50	8	20	202.0		32	105	242.2	4.35
	2	2517	65	8	35	202.0		45	125	242.2	7.16
	3	2517	65	7	50	202.0	2.5	45	125	242.2	8.28
	4	3020	75	7	65	202.0	7.0	51	146	242.2	9.20
	5	3020	75	7	80	202.0	14.5	51	155	242.2	10.80
	6	3020	75	7	95	202.0	22.0	51	155	242.2	11.73
250	1	2012	50	8	20	216.0		32	105	256.2	4.77
	2	2517	65	8	35	216.0		45	125	256.2	6.70
	3	2517	65	7	50	216.0	2.5	45	125	256.2	7.81
	4	3020	75	7	65	216.0	7.0	51	146	256.2	10.25
	5	3020	75	7	80	215.0	14.5	51	159	256.2	11.40
	6	3020	75	7	95	215.0	22.0	51	155	256.2	12.92
280	1	2012	50	8	20	245.0		32	112	286.2	5.92
	2	2517	65	8	35	246.0		45	125	286.2	8.15
	3	2517	65	7	50	246.0	2.5	45	125	286.2	10.04
	4	3020	75	7	65	246.0	7.0	51	146	286.2	11.71
	5	3535	90	8	80	245.0		89	180	286.2	18.37
	6	3535	90	7	95	245.0	3.0	89	180	286.2	19.54
300	1	2012	50	8	20	265.0		32	112	306.2	6.48
	2	2517	65	8	35	266.0		45	125	306.2	8.77
	3	3020	75	8	50	266.0		51	146	306.2	10.78
	4	3020	75	7	65	266.0	7.0	51	145	306.2	12.06
	5	3535	90	8	80	265.0		89	175	306.2	19.87
	6	3535	90	7	95	265.0	3.0	89	180	306.2	20.18
315	1	2012	50	8	20	284.0		32	112	321.2	7.30
	2	2517	65	8	35	281.0		45	125	321.2	9.80
	3	3020	75	8	50	281.0		51	146	321.2	12.18
	4	3020	75	7	65	281.0	7.0	51	146	321.2	13.55
	5	3535	90	8	80	280.0		89	180	321.2	21.56
	6	3535	90	7	95	280.0	3.0	89	180	321.2	22.89

Dp	Canales	Casquillo	Eje Ø máx	Figura	B	J	K	L	N	De	Peso	
355	1	2012	50	10	20	320.0		32	112	361.2	6.12	
	2	2517	65	10	35	320.0		45	124	361.2	10.00	
	3	3020	75	10	50	320.0	0.5	51	159	361.2	14.10	
	4	3020	75	9	65	320.0	7.0	51	159	361.2	15.57	
	5	3535	90	10	80	320.0		89	180	361.2	22.99	
	6	3535	90	9	95	320.0	3.0	89	180	361.2	24.41	
400	1	2012	50	10	20	365.0		32	112	406.2	7.34	
	2	2517	65	10	35	365.0		45	124	406.2	11.55	
	3	3020	75	10	50	365.0		51	159	406.2	14.65	
	4	3020	75	9	65	365.0	7.0	51	159	406.2	17.65	
	5	3535	90	10	80	365.0		89	180	406.2	24.74	
	6	3535	90	9	95	365.0	3.0	89	180	406.2	27.37	
450	1	2012	50	10	20	415.0		32	110	456.2	8.27	
	2	2517	65	10	35	415.0		45	124	456.2	13.15	
	3	3020	75	10	50	415.0		51	159	456.2	19.42	
	4	3020	75	9	65	415.0	7.0	51	159	456.2	22.63	
	5	3535	90	10	80	415.0		89	180	456.2	26.95	
	6	3535	90	9	95	415.0	3.0	89	180	456.2	31.74	
500	1	2517	65	10	20	465.0		45	124	506.2	10.00	
	2	2517	65	10	35	465.0		45	124	506.2	16.90	
	3	3020	75	10	50	465.0		51	159	506.2	21.16	
	4	3020	75	9	65	465.0	7.0	51	159	506.2	25.16	
	5	3535	90	10	80	465.0		89	180	506.2	32.00	
	6	3535	90	9	95	465.0	3.0	89	180	506.2	37.60	
560	1	2517	65	10	20	525.0		45	124	566.2	14.53	
	2	3020	75	10	35	525.0		51	159	566.2	17.06	
	3	3020	75	10	50	525.0		51	155	566.2	24.45	
	4	3535	90	10	65	525.0		89	180	566.2	33.21	
	5	3535	90	10	80	525.0		89	180	566.2	36.89	
	6	3535	90	9	95	525.0	3.0	89	180	566.2	38.80	
630	1	2517	65	10	20	595.0		45	124	636.2	17.00	
	2	3020	75	10	35	595.0		51	159	636.2	22.20	
	3	3020	75	10	50	595.0		51	159	636.2	26.70	
	4	3535	90	10	65	595.0		89	178	636.2	38.45	
	5	3535	90	10	80	595.0	4.5	89	180	636.2	44.20	
	6	4040	100	10	95	595.0	3.5	102	216	636.2	53.15	
800	3	3535	90	10	50	765.0	19.5	89	178	806.2	45.07	
	4	3535	90	10	65	765.0		89	178	806.2	50.86	
	5	4040	100	10	80	765.0	11.0	102	216	806.2	64.92	
	6	4040	100	10	95	765.0	3.5	102	216	806.2	70.31	
	1000	3	3535	90	10	50	965.0	19.5	89	178	1006.2	57.31
		4	4040	100	10	65	965.0	18.5	102	215	1006.2	73.42
5		4545	110	10	80	965.0	17.0	114	242	1006.2	89.60	
6		4545	110	10	95	965.0	9.5	114	242	1006.2	99.23	