



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Mecánica

# Análisis del equilibrado de una red de distribución de agua, en un sistema de climatización de locales

Autor:

Sevillano Andaluz, Pablo

Tutor:

Tejero González, Ana  
Departamento: Ingeniería  
Energética y Fluidomecánica

Cotutor:

Espi García, Fernando Javier  
Hospital Universitario Río Hortega  
Departamento de Control

Valladolid, Septiembre 2014.





## Agradecimientos

Llegar adonde estoy y haber realizado este Trabajo de Fin de Grado ha sido un duro camino, y por ello quiero dar mi agradecimiento:

En primer lugar a los profesores del departamento de ingeniería energética y en especial a Julio, Eloy y mi tutora Ana por haberme dado la oportunidad de hacer las prácticas en el hospital y supervisar mi trabajo.

Al personal de mantenimiento del Hospital Universitario Río Hortega, que ha hecho que mi experiencia allí haya sido provechosa. Y gracias a Fernando por supervisar y ayudarme en la redacción de este trabajo.

A mis amigos, que me han ayudado cuando los he necesitado y me habéis hecho pasar tantos buenos momentos.

Y por último a mi familia, que sin su apoyo y comprensión no hubiese llegado hasta aquí.



## Análisis del equilibrado de una red de distribución de agua, en un sistema de climatización de locales





## Resumen

El propósito de toda instalación climatizadora es proporcionar y mantener unas condiciones específicas en el interior del local que se pretende climatizar. Esto implicará una carga térmica que es la potencia energética que hay que aportar para mantener las condiciones del local.

Mantener la climatización del local supondrá un consumo de energía para abastecer a la demanda. Dependerá del tipo de instalación y del rendimiento de la misma. Interesará que esta potencia utilizada sea lo menor posible por motivos económicos y medioambientales.

El objetivo de este trabajo es analizar y proponer mejoras a uno de los factores que afectan al funcionamiento y al rendimiento de las instalaciones climatizadoras: el equilibrado hidráulico. Se estudiará una red de climatización del Hospital Universitario Río Hortega de Valladolid. Las mejoras en el equilibrado de red supondrán un mejor funcionamiento de la instalación, lo que supondrá un menor consumo energético y un mayor confort.

## Palabras clave

Climatización, equilibrado hidráulico, eficiencia energética, hospital, confort térmico.



## Abstract

The purpose of any air-conditioning installation is providing and maintaining some specific conditions inside the premises that you wish to heat. This will involve a thermal load that it is the power we need to keep the local conditions.

Keeping the air-conditioning will involve an energy consumption to supply the demand. It depends on the installations type and its performance. The interest is that power used is as small as possible for economic and environmental reasons.

The objective of this paper is to analyze and propose improvements to one of the factor that affect the operation and performance of the air-conditioning installations: hydronic balancing. An air-conditioning facility in the Río Hortega University Hospital of Valladolid will be analyzed. Improvements in the installation balance will mean a better operation of the facility, which will lower power consumption and provide a greater comfort.

## Keywords

Air-conditioning, hydronic balancing, energy efficiency, hospital, thermal comfort.



# Índices



## Análisis del equilibrado de una red de distribución de agua, en un sistema de climatización de locales







# Índice general

<b>1. Introducción</b> .....	15
<b>1.1 Antecedentes</b> .....	17
<b>1.2 Objetivos</b> .....	20
<b>1.3 Planificación del trabajo</b> .....	20
<b>1.4 Explicación de la memoria</b> .....	21
<b>1.5 Descripción del complejo hospitalario</b> .....	22
<b>2. Teoría del equilibrado hidráulico</b> .....	27
<b>2.1 Fundamentos del equilibrado hidráulico</b> .....	29
<b>2.2 Métodos de equilibrado</b> .....	34
<b>2.2.1 Equilibrado natural</b> .....	34
<b>2.2.2 Equilibrado estático</b> .....	34
<b>2.2.3 Equilibrado automático</b> .....	37
<b>2.3 Equipos</b> .....	38
<b>2.3.1 Válvulas</b> .....	38
<b>2.3.2 Instrumento de equilibrado</b> .....	43
<b>2.3.3 Bombas con variador de frecuencia</b> .....	44
<b>2.4 Programas de diseño y simulación</b> .....	47
<b>2.4.1 Danfoss CH</b> .....	47
<b>2.4.2 Hecos</b> .....	49
<b>3. Descripción de la instalación</b> .....	51
<b>3.1 Instalación</b> .....	54



<b>3.2</b>	<b>Características técnicas de los equipos</b> .....	57
3.2.1	Intercambiadores .....	57
3.2.2	Válvulas de equilibrado.....	58
3.2.3	Válvulas de los intercambiadores .....	58
3.2.4	Actuador de las válvulas de asiento .....	59
<b>3.3</b>	<b>Sistema de control</b> .....	60
<b>3.</b>	<b>Modelado, simulaciones, análisis y actuaciones</b> .....	67
3.1	Modelado de la instalación.....	69
3.2	Simulaciones.....	73
3.2.1	Plena carga .....	73
3.2.2	Tres anillos activos.....	78
3.2.3	Carga parcial.....	81
3.3	Análisis de las simulaciones.....	84
3.3.1	Plena carga .....	84
3.3.2	Tres anillos activos.....	85
3.3.3	Carga parcial.....	85
3.3.4	Otros puntos de funcionamiento .....	86
3.4	Actuaciones.....	86
3.4.1	Creación de un by-pass en cada uno de los anillos.....	86
3.4.2	Reducción de la presión diferencial del circuito.....	88
3.4.3	Futuras mejoras .....	90
<b>5.</b>	<b>Estudio económico</b> .....	93
5.1	By-pass .....	95



5.2	Reducción de la presión diferencial .....	95
5.3	Valor actual neto (VAN).....	96
5.4	Pay-Back descontado (PB*) .....	98
5.5	Tasa interna de retorno (TIR) .....	99
6.	Conclusiones.....	101
7.	Bibliografía.....	105
	Anexos.....	109
	Anexo 1. Resultados de Danfoss C.H. 3.8.....	109



# Índice de figuras

Figura 1. Principales usos energéticos en España (izquierda) y Europa (derecha).....	17
Figura 2. Etiqueta de certificación energética.....	18
Figura 3. Planificación temporal del proyecto .....	21
Figura 4. Situación del hospital .....	23
Figura 5. Edificio Norte [9].....	23
Figura 6. Edificio Oeste [9].....	24
Figura 7. Edificio Este [9].....	24
Figura 8. Edificio Sur [9].....	25
Figura 9. Edificio Central [9] .....	25
Figura 10. Bloques de hospitalización [9] .....	25
Figura 11. Edificio Industrial [9] .....	26
Figura 12. Diagrama de Moody .....	31
Figura 13. Ábaco pérdidas de carga en polipropileno. ....	32
Figura 14. Instalación con retorno invertido. ....	34
Figura 15. Equilibrado estático [6].....	35
Figura 16. Procedimiento del método proporcional [6].....	36
Figura 17. Método de compensación [6].....	37
Figura 18. Válvula de equilibrado Spirax Sarco [10] .....	38
Figura 19. Esquema válvula de equilibrado estático.....	39
Figura 20. Ajuste de una válvula de equilibrado estático .....	39
Figura 21. Válvula de equilibrado dinámico Sedical [11].....	40
Figura 22. Cartucho de una válvula de equilibrado automático.....	40
Figura 23. Funcionamiento de válvula de equilibrado dinámico [5] .....	41
Figura 24. Regulador de presión diferencial [5] .....	42
Figura 25. Válvula de 3 vías Fisher con actuador.....	42
Figura 26. Válvula BPV TA Hydronics [12] .....	43
Figura 27. Ejemplo de instalación de válvula BTV [7] .....	43
Figura 28. Instrumento de equilibrado TA Hydronics [12] .....	44



Figura 29. Variador de frecuencia Schneider [13] .....	44
Figura 30. Curvas de una bomba a distintas frecuencias de red [8].....	46
Figura 31. Esquema del circuito de un variador de frecuencia.....	46
Figura 32. Pantalla principal de Danfoss CH 3.8 .....	47
Figura 33. Resultados generales proporcionados por Danfoss CH 3.8....	48
Figura 34. Pantalla principal de Hecos .....	49
Figura 35. Resultados generales de Hecos .....	49
Figura 36. Unidad de tratamiento de aire del hospital .....	53
Figura 37. Instalación a dos tubos del bloque quirúrgico.....	53
Figura 38. Instalación climatizadora de los laboratorios.....	54
Figura 39. Laboratorio de orinas. ....	55
Figura 40. Intercambiador agua-aire de la instalación. ....	55
Figura 41. Válvula con el actuador.....	56
Figura 42. Subcentral de distribución de la instalación.....	56
Figura 43. Válvula de equilibrado MSV- F2 [14].....	58
Figura 44. Características de la válvula de asiento [14] .....	59
Figura 45. Características del actuador EMO T [14] .....	60
Figura 46. Controlador IQ3 TREND [15].....	60
Figura 47. Controlador IQL TREND .....	61
Figura 48. Sonda de temperatura ambiente TREND HD/T.....	61
Figura 49. Tarjetas de comunicaciones .....	62
Figura 50. Arquitectura de control del hospital .....	62
Figura 51. Pantalla del 963 .....	63
Figura 52. Pantalla del SET .....	64
Figura 53. Detalle de la pantalla de temperaturas de los laboratorios ....	65
Figura 54. Detalle de la pantalla de un intercambiador .....	65
Figura 55. Detalle de la pantalla de distribución.....	66
Figura 56. Configuración de datos generales.....	69
Figura 57. Esquema de las tuberías.....	70
Figura 58. Modelo con válvulas, bomba y unidades terminales .....	72
Figura 59. Danfoss realizando los cálculos .....	73



Figura 60. Pantalla de resultados con la selección de válvulas .....	74
Figura 61. Resultados generales de la instalación a plena carga.....	75
Figura 62. Registro de errores de la instalación a plena carga .....	78
Figura 63. Modelo de la instalación con tres anillos activos .....	79
Figura 64. Resultados generales con tres anillos activos.....	80
Figura 65. Registro de errores con tres anillos activos .....	80
Figura 66. Modelo de la instalación a carga parcial.....	82
Figura 67. Resultados generales a carga parcial .....	82
Figura 68. Detalle del registro de errores a carga parcial.....	82
Figura 69. Posibles puntos de funcionamiento.....	83
Figura 70. Errores en otros puntos de funcionamiento.....	84
Figura 71. Situación de los by-pass .....	87
Figura 72. Detalle de la instalación del by-pass .....	88
Figura 73. Características del actuador EMO TM de TA Hydronics [15] ..	90
Figura 74. Evolución del VAN.....	98



## Índice de tablas

Tabla 1. Coeficientes de pérdidas de algunas singularidades .....	33
Tabla 2. Valores de $K_v$ de una válvula de Tour Andersson .....	40
Tabla 3. Resultados por tuberías de Danfoss CH .....	48
Tabla 4. Resultados de las bombas de Danfoss CH .....	48
Tabla 5. Resultados por tuberías de Hecos .....	50
Tabla 6. Resultados de válvulas de Hecos .....	50
Tabla 7. Características de los intercambiadores .....	57
Tabla 8. Ajuste de longitudes y diámetros de los tramos de tubería .....	71
Tabla 9. Detalle de resultados por tubería a plena carga .....	76
Tabla 10. Resultados de las UT a plena carga .....	77
Tabla 11. Resultados de la bomba a plena potencia .....	77
Tabla 12. Resultados del ajuste de las válvulas de regulación .....	77
Tabla 13. Resultados del circuito 2 a plena carga .....	78
Tabla 14. Valores de $K_v$ de las válvulas de regulación .....	79
Tabla 15. Valores de reajuste de las válvulas .....	89
Tabla 16. Nuevo punto de funcionamiento de la bomba a plena carga ..	89
Tabla 17. Costes materiales de creación del by-pass .....	95
Tabla 18. Costes de mano de obra de la creación del by-pass .....	95
Tabla 19. Calculo del ahorro anual en gastos de bombeo .....	96
Tabla 20. Costes de la regulación de válvulas .....	96
Tabla 21. Cálculo del VAN .....	97



Análisis del equilibrado de una red de distribución de agua, en un sistema de climatización de locales







# 1. Introducción



## Análisis del equilibrado de una red de distribución de agua, en un sistema de climatización de locales



# 1. Introducción

El siguiente Trabajo de Fin de Grado está enmarcado dentro del convenio entre el departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid con el Hospital Universitario Río Hortega.

El Hospital Universitario Río Hortega es un hospital público situado en Valladolid que forma parte de la Red Asistencial de la Gerencia Regional de Salud de Castilla y León (Sacyl). Se trata del hospital encargado de la atención sanitaria de las personas residentes en la zona oeste de Valladolid. Consta de 115354 m<sup>2</sup> construidos, en él hay unas 600 camas, 18 quirófanos y en él trabajan más de 3000 personas.

## 1.1 Antecedentes

Este trabajo está enmarcado dentro del contexto de la eficiencia y el ahorro energético, que tanta importancia están cobrando durante los últimos años. La idea global es aprovechar mejor la energía y no gastar más de lo necesario en instalaciones mal planificadas o usadas y para ello, debemos optimizar su funcionamiento.

La demanda energética de tanto edificios residenciales como no residenciales deriva de un amplio conjunto de usos y servicios, tales como agua caliente sanitaria (ACS), climatización, iluminación, aparatos electrónicos, etc. La climatización comprende el mayor consumo energético, con una amplia diferencia.

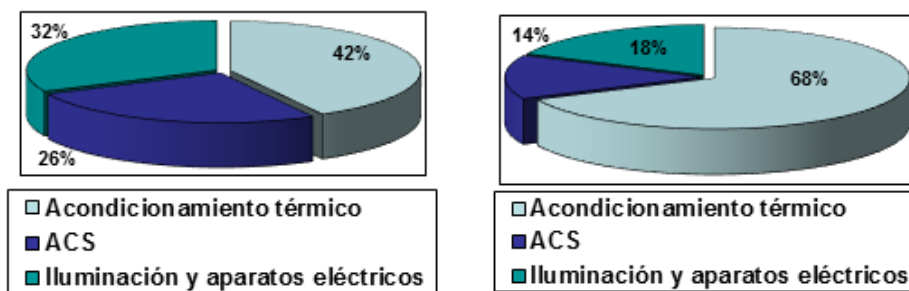


Figura 1. Principales usos energéticos en España (izquierda) y Europa (derecha)

En los países desarrollados la climatización supone aproximadamente la mitad de la energía consumida en edificios. Además, los pronósticos indican un fuerte crecimiento del consumo y la superficie climatizada en la UE que aumentará un 50% en los próximos 15 años [1].



La certificación energética, en vigor desde el 1 de noviembre de 2007 y posteriormente ampliada, obliga a que los edificios dispongan de una etiqueta de eficiencia. Esta variará desde la clase A, para los edificios más eficientes, hasta la clase G, para los menos eficientes.



Figura 2. Etiqueta de certificación energética

Por su parte, el Código Técnico de la Edificación transpone parcialmente la Directiva europea 2002/91/CE en lo que se refiere a los requisitos mínimos de eficiencia energética que deben cumplir los edificios nacionales para que se ajusten a los requisitos básicos, establecidos en la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) 38/1999 de 5 de Noviembre, que garanticen ciertas necesidades de las personas en cuestiones de seguridad y habitabilidad (acústicas, térmicas, estructurales, etc.) [2].

El CTE está planteado bajo un enfoque semejante al adoptado a nivel europeo y al propugnado por las principales organizaciones internacionales en este campo, a fin de fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico: los códigos basados en prestaciones u objetivos.

Entre los documentos del CTE, se incluye el DB - HE: Ahorro de Energía, que tiene como objetivo conseguir un uso racional de la energía necesaria para el uso de edificios, consiguiendo límites sostenibles de consumo y que parte de la energía necesaria provenga de fuentes renovables.

El Consejo de Ministros del 20 de junio de 2007 aprobó el Real Decreto 1027/2007 por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios [3] para sustituir el anterior. El Real Decreto ha sido elaborado



conjuntamente por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio con el Ministerio de la Vivienda.

El nuevo 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.

Existen unos documentos reconocidos de carácter técnico pero no reglamentario, destinados a facilitar el cumplimiento de las exigencias de este Reglamento y recogidos en el Registro general de documentos reconocidos del RITE, de acuerdo con el artículo 7 del Real Decreto 1027/2007 y adscrito a la Secretaría General de Energía, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Para reducir el consumo energético de los edificios, es posible señalar tres métodos [4].

- Disminución de las necesidades energéticas.
- Sustitución de las fuentes convencionales por otras gratuitas.
- Optimización de la eficiencia de utilización.

Este trabajo se centra en la última vía, ya que buscaremos un mejor funcionamiento de la instalación a través del equilibrado hidráulico.

Aumentar la eficiencia de las instalaciones es un desafío, ya que debemos encontrar un compromiso en la inversión que se debe realizar para la mejora de las instalaciones y el ahorro energético que supondrá.

La climatización de los locales pretende controlar el ambiente de dicho local proporcionando confort térmico y asegurar calidad en el aire. El confort térmico depende de la temperatura, de la humedad y la velocidad del aire, se trata de los parámetros fundamentales para ofrecer una sensación de bienestar a los ocupantes.

Los laboratorios de hematología, bioquímica, serología y orinas, situados en la planta primera del H.U.R.H., están climatizados por una red de distribución con intercambiadores agua-aire en los que el fluido caloportador es agua.

Estos laboratorios estaban proyectados como espacios altamente compartimentados y la instalación climatizadora fue planeada para ello. Sin embargo, finalmente la arquitectura fue distinta. Estos laboratorios son



espacios diáfanos por lo que se desea comprobar si que la instalación está bien equilibrada. Por lo que para cumplir con los criterios de eficiencia energética expuestos anteriormente es necesario el análisis desarrollado en este Trabajo Fin de Grado.

## 1.2 Objetivos

El objetivo principal del presente Trabajo Fin de Grado es el análisis del equilibrado hidráulico de una red de distribución de agua en un sistema de calefacción a caudal variable con intercambiadores agua-aire del Hospital Universitario Río Hortega, que en adelante nombraremos H.U.R.H., mediante el uso de programas informáticos de simulación de instalaciones de agua a presión.

Mediante este análisis, como objetivo secundario se pretende optimizar el funcionamiento de la instalación de climatización de los laboratorios anteriormente mencionados. Para ello se analizará su funcionamiento mediante software de simulación de instalaciones hidráulicas.

Con las simulaciones, se buscarán deficiencias de funcionamiento y posteriormente se pretende plantear modificaciones, compatibles con la instalación y viables económicamente, que nos lleven a un mejor funcionamiento de la misma. Esto nos llevaría a lograr una mayor eficiencia energética a la vez que se mejorará el confort proporcionado por el equipo.

## 1.3 Planificación del trabajo

Debido a los plazos en los que se desarrolla el acuerdo de prácticas la planificación se basará en las siguientes etapas:

- Etapa 1: Preparación y planificación del proyecto (1 semana)
- Etapa 2: Documentación previa (2 semanas)
- Etapa 3: Estudio de la instalación existente (3 semanas)
- Etapa 4: Simulación de la instalación existente (2 semanas)
- Etapa 5: Propuesta de actuaciones (2 semanas)
- Etapa 6: Simulación con las actuaciones (2 semanas)
- Etapa 7: Conclusiones y estudio económico (1 semana)
- Etapa 8: Redacción de la memoria (continuo)



		Semanas							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Etapas	1	■							
	2	■	■						
	3		■	■	■				
	4			■	■				
	5				■	■			
	6					■	■		
	7							■	
	8	■	■	■	■	■	■	■	■

Figura 3. Planificación temporal del proyecto

#### 1.4 Explicación de la memoria

- 1. Introducción

Es el primer capítulo del trabajo, tiene el objetivo plantear el contexto del trabajo, justificarlo y plantear los aspectos que se tratarán.

- 2. Teoría del equilibrado hidráulico

Capítulo en el que se desarrolla el marco teórico del equilibrado hidráulico, se describen los equipos que se usan y se habla de los programas de simulación existentes.

- 3. Descripción de la instalación

En el tercer capítulo se detallan las características y los equipos que forman parte de la instalación hidráulica y se describe la arquitectura y funcionamiento del sistema de control de las instalaciones del hospital.



- 4. Modelado, simulaciones, análisis y actuaciones

Esta sección comprende el modelado de la instalación en el programa, las simulaciones en el mismo, y el análisis de los resultados de las simulaciones para finalmente plantear las actuaciones propuestas.

- 5. Estudio económico

Este apartado tiene como objetivo hacer una evaluación económica de las mejoras que se propongan. Se estudiarán los costes de las modificaciones y se calculará el ahorro energético que se pueda producir. Con estos datos, se calculará el periodo de amortización.

- 6. Conclusiones

En las conclusiones se pretende sintetizar los aspectos más relevantes que han aparecido a lo largo del desarrollo del trabajo.

- 7. Bibliografía

Este capítulo incluye el listado de la documentación que ha sido consultada y necesaria para el desarrollo de la memoria.

- Anexos

En los anexos se adjuntan los resultados de las simulaciones realizadas con el programa Danfoss CH.

## 1.5 Descripción del complejo hospitalario

Como ya se ha mencionado, el trabajo se realizará en el Hospital Universitario Río Hortega (H.UR.H.). Está situado en la calle Dulzaina 2, Valladolid, España y sus coordenadas son 41,63° N 4,713 ° O.





Figura 4. Situación del hospital

Se trata de un edificio de reciente construcción, fue inaugurado en 2008 y sustituye, cuadruplicando la superficie, al antiguo hospital con el mismo nombre.

El centro tiene de una potencia eléctrica de 3,5 MW y es capaz de producir de 17 MW de potencia calorífica y 8,4 MW de potencia frigorífica.

El complejo hospitalario está dividido en una serie de edificios, además del aparcamiento y zonas verdes (que ocupan 45000 m<sup>2</sup>). Los edificios del hospital son:

- Edificio Norte: en él se encuentra la administración del hospital, la cafetería, la biblioteca y el salón de actos.



Figura 5. Edificio Norte [9]

- Edificio Oeste: incluye los laboratorios, las unidades de dietética, hemodiálisis y anatomía patológica. En este edificio es donde se encuentra la instalación climatizadora que se pretende analizar en este trabajo.



Figura 6. Edificio Oeste [9]

- Edificio Este: en él se sitúan urgencias generales y pediátricas, rehabilitación, sala de observación y el área ambulatoria.



Figura 7. Edificio Este [9]

- Edificio Sur: donde se encuentran el bloque de radiodiagnóstico, los quirófanos, la unidad de cuidados intensivos, la unidad de quemados, la de investigación, el servicio de farmacia...



Figura 8. Edificio Sur [9]

- Edificio Central: este edificio acoge extracciones, hospital de día, despachos, unidad de trasplante de médula ósea (TAMO), etc.



Figura 9. Edificio Central [9]

- Bloques de hospitalización: se trata de cuatro bloques que suman más de 600 camas para pacientes ingresados.



Figura 10. Bloques de hospitalización [9]



- Edificio industrial: aparecen en él la cocina, el servicio de lencería, el de mantenimiento y el almacén general.



Figura 11. Edificio Industrial [9]



## 2. Teoría del equilibrado hidráulico



Análisis del equilibrado de una red de distribución de agua, en un sistema de climatización de locales





## 2. Teoría del equilibrado hidráulico

Los sistemas de climatización deben garantizar un alto confort térmico consumiendo la menor energía posible. Que esto sea factible supone proporcionar a cada unidad terminal el caudal adecuado de fluido caloportador para que puedan funcionar en condiciones nominales.

Se necesita precisar el caudal que llega a cada uno de los terminales para funcionen en las condiciones para las que fueron diseñados. También debemos asegurarnos de evitar velocidades de flujo demasiado altas, que aumentan la pérdida de carga y pueden causar ruidos.

### 2.1 Fundamentos del equilibrado hidráulico

El equilibrado hidráulico se debe a la pérdida de carga que se produce en los conductos por los que circula el fluido, que es proporcional a la longitud de la tubería. Los terminales situados a una mayor distancia de la bomba de impulsión tendrán una mayor pérdida de carga y en los cercanos será menor.

Para que la instalación se equilibre y que las pérdidas sean iguales, circulará un caudal mayor por los circuitos de menor pérdida de carga y menos caudal por los de mayor pérdida; lo que causará que unos terminales tengan un caudal excesivo y emitan demasiada energía (calor o frío) y que en otros el caudal sea insuficiente y por tanto, no proporcionen el salto térmico para el que fueron diseñados.

#### Dimensionado de tuberías

El proceso de obtener un equilibrado adecuado empieza en la selección de los diámetros de las tuberías, eligiéndolos de manera que la pérdida de carga en todos los posibles circuitos de la instalación sea igual. En realidad esto será inalcanzable, por lo que se considerará que la instalación está equilibrada si las diferencias de la caída de presión son menores del 15%, posteriormente se usarán válvulas y otros elementos para disminuir esta diferencia.

Una vez elegido el material con el que se va a construir la instalación, lo cual fija la rugosidad, es necesario fijar velocidad límite de circulación por los conductos.

- 2 m/s por tuberías que discurran por locales habitados
- 3 m/s en tuberías enterradas o que discurran por galerías.
- Además no se debe sobrepasar 400 Pa/m de caída en tramos rectos



Se deben tener en cuenta tanto las pérdidas producidas en los tramos rectos, por el rozamiento del fluido con las paredes del conducto, como las pérdidas ocasionadas por las singularidades de la instalación (como codos, válvulas y cambios de sección), que implican cambios de velocidad y/o dirección del flujo.

### Pérdidas por fricción

Están causadas tanto por el rozamiento del fluido con las paredes del conducto como por el rozamiento interno de las moléculas del fluido.

Para un flujo en régimen estacionario se evalúan con la fórmula de Darcy:

$$\Delta P_f = \frac{f \cdot L}{D_h} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (\text{Ec. 1})$$

Siendo:

f: factor de fricción

L: longitud del conducto (m)

$D_h$ : diámetro hidráulico (m)

v: velocidad media del aire en el interior del conducto (m/s)

$\rho$ : densidad ( $\text{kg/m}^3$ ).

El factor de fricción es un valor adimensional y depende de la rugosidad relativa y del número de Reynolds. Se puede determinar mediante fórmulas o con el diagrama de Moody.



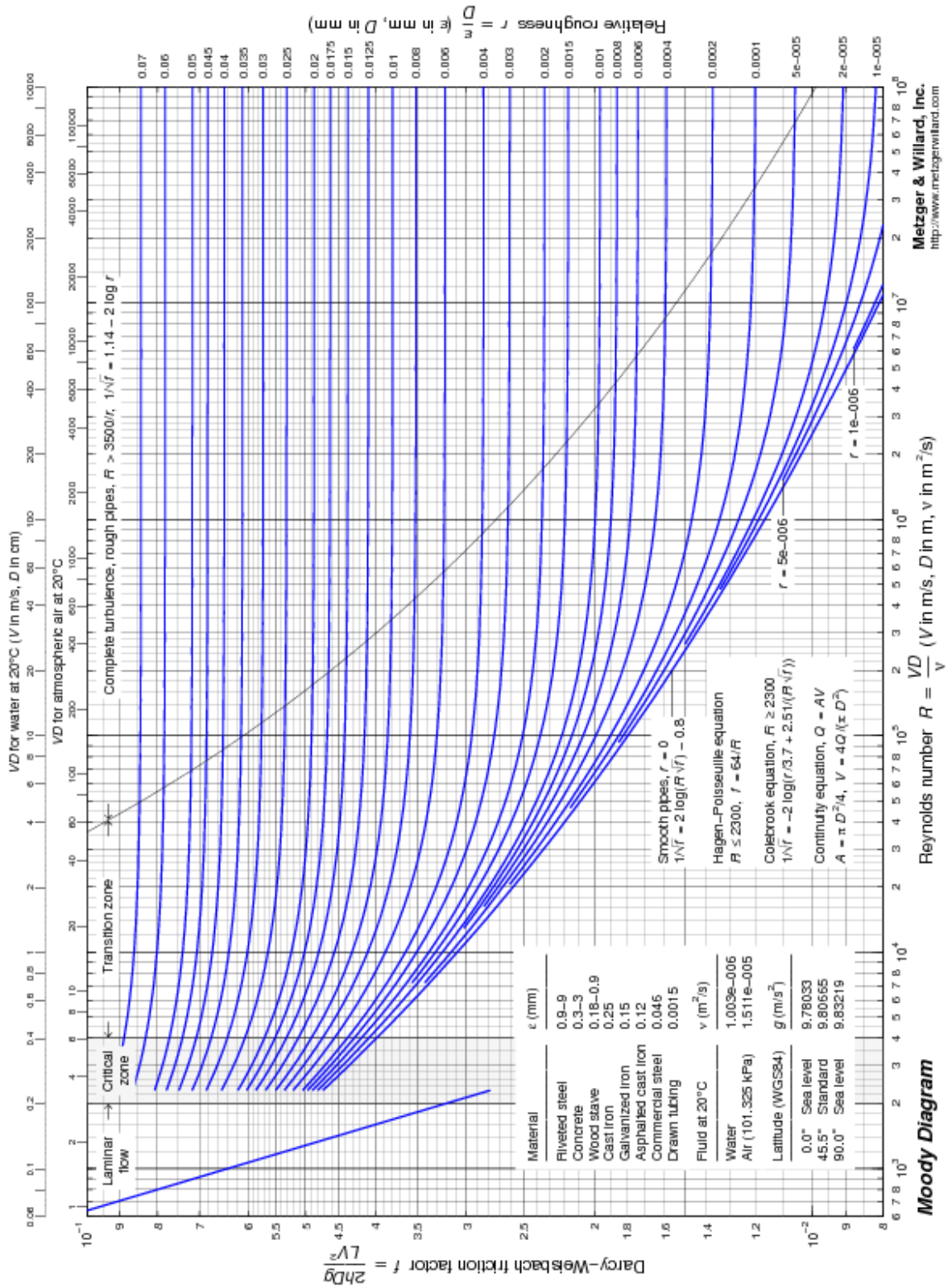


Figura 12. Diagrama de Moody



También existen ábacos para determinar la caída de presión en función del caudal (o la velocidad de circulación del fluido) y el diámetro para un material en concreto.

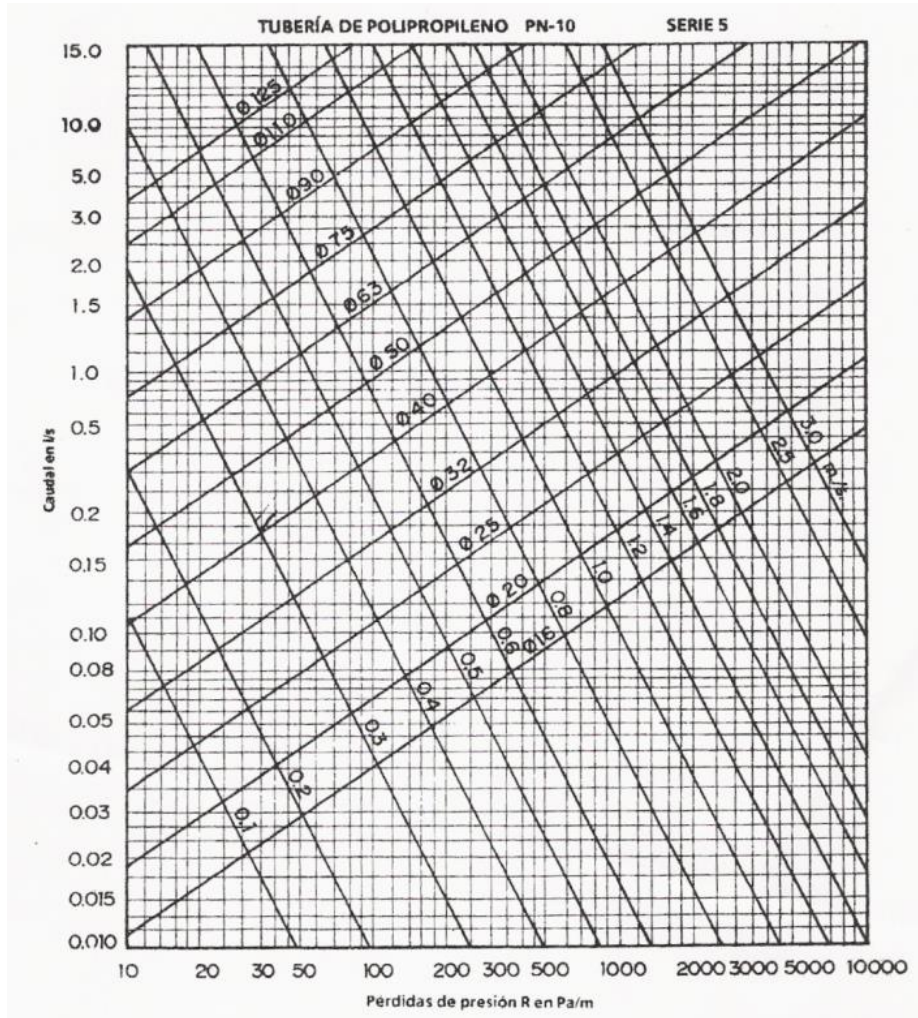


Figura 13. Ábaco pérdidas de carga en polipropileno.

### Pérdidas singulares

Estas pérdidas de carga están causadas por los cambios de dirección y de velocidad. Se producen en elementos como válvulas, codos, té, cambios de sección, emisores, etc. Se pueden evaluar por dos métodos:


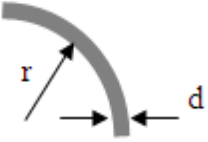
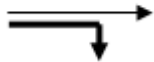


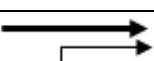

- Métodos de los coeficientes de pérdidas singulares.
- Método de la longitud equivalente

En el método de los coeficientes de pérdidas singulares se establece que la pérdida de presión es proporcional a la carga dinámica del fluido.

$$\Delta P = \xi \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde  $\xi$  es el coeficiente de pérdidas de cada singularidad

Tabla 1. Coeficientes de pérdidas de algunas singularidades

Símbolo	Elemento	$\xi$	
	Desviación en s	0,5	
	Codos de 90°	r/d = 2,5	0,5
		r/d = 1,5	0,3
T en escuadra			
	Derivación separación	1,5	
	Derivación unión.	1	
	Paso directo separación	0	
	Paso directo unión	0,5	
	Corrientes opuestas	3	

El método de las longitudes equivalentes está basado en sustituir cada singularidad de la instalación por una longitud ficticia (longitud equivalente) de tramo recto que provoque la misma pérdida de presión que la singularidad. Esta longitud equivalente se puede calcular como:

$$L_{eq} = \frac{\xi \cdot D}{f} \quad (\text{Ec. 3})$$

Con ello, la expresión utilizada en el método de las longitudes equivalentes será:

$$\Delta P = \frac{f \cdot L_{eq}}{D} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (\text{Ec. 4})$$

## 2.2 Métodos de equilibrado

Para conseguir el equilibrado de una red de tuberías se pueden usar tres métodos [5]:

- Equilibrado natural: se basa en la utilización de recorridos de tubería que nos provoquen la pérdida de carga necesaria para equilibrar.
- Equilibrado estático: en el que se usan válvulas de ajuste manual.
- Equilibrado automático: con válvulas de equilibrado dinámico.

### 2.2.1 Equilibrado natural

Se utilizan configuraciones de recorrido de conductos que consigan un circuito totalmente equilibrado. La idea es que los circuitos de cada ramal tengan la misma distancia, así se obtiene una pérdida de carga igual en todos los subcircuitos. Una práctica común para este tipo de equilibrado es el retorno invertido. Dicho sistema de retorno invertido es el que tienen los anillos principales de agua fría y de agua caliente del H.U.R.H.

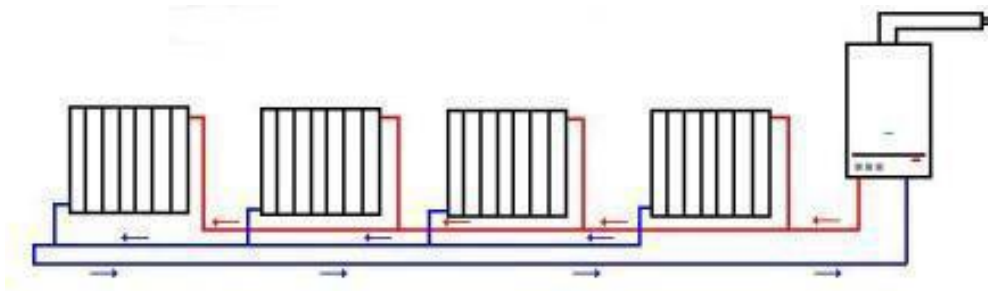


Figura 14. Instalación con retorno invertido.

Este método de equilibrado tiene el problema de que implica usar muchos más metros de tubería, por lo que la instalación sale más cara. Por este motivo se tiende a usar métodos de equilibrado basados en válvulas, que se describirán más adelante.

### 2.2.2 Equilibrado estático

Para evitar el indeseable desequilibrio, se incorporan al circuito válvulas de equilibrado que provocan una caída de presión y de esta manera se puede regular el caudal que llega a cada unidad terminal, igualándolo.

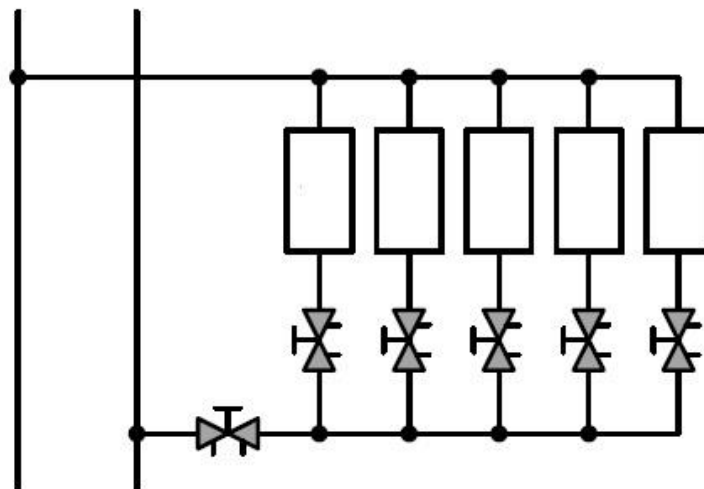


Figura 15. Equilibrado estático [6]

Se instalará una válvula de equilibrado en cada unidad terminal y a menudo también en las columnas. Posteriormente habrá que ajustar el valor de  $K_v$  de cada válvula, tarea que realizará un especialista y que requiere una inversión de tiempo considerable ya que puede requerir un proceso iterativo de ajuste.

Existen varios métodos de ajuste de estas válvulas, entre los que se destacan [6]:

- El método proporcional
- El método de compensación

#### Método proporcional

Este método establece que las variaciones de presión diferencial en un circuito son proporcionales a la modificación del caudal en sus terminales.

Con las válvulas colocadas en todos los terminales de la instalación se ajustan manualmente para conseguir el equilibrio. Se trata de un proceso iterativo, ya que el ajuste de cada válvula implicará la variación del caudal en todos los subcircuitos.

Procedimiento:

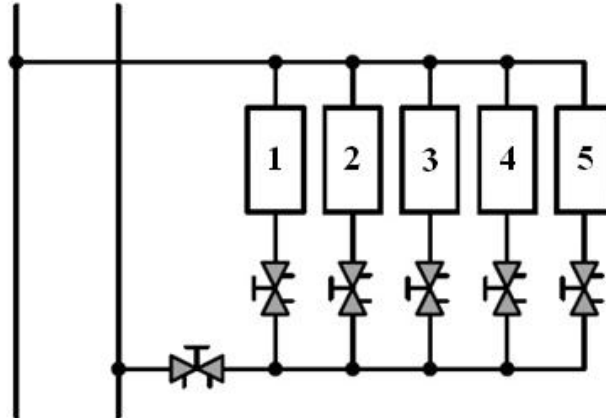


Figura 16. Procedimiento del método proporcional [6]

1. Medir el caudal en todas las válvulas (1 a 5), estando abiertas
2. Calcular en cada ramal el factor de caudal ( $\lambda$ ), definido como:

$$\lambda = \frac{\text{Caudal medido}}{\text{Caudal de diseño}} \quad (\text{Ec. 5})$$

3. Identificar el terminal con el  $\lambda$  más bajo, supondremos que es el  $\lambda_2$ .
4. Actuar sobre el resto de válvulas, por ejemplo sobre la número 5, de manera que establezcamos  $\lambda_2 = \lambda_5$  y bloquearla.
5. Ajustar el resto de válvulas, en dirección a la bomba.
6. Cuando ajustemos la válvula 1, variaran el resto de los factores de caudal, pero permanecerán iguales, porque variarán en la misma proporción ( $\lambda_5 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_4$ ).
7. Cuando todos estén equilibrados, se ajusta la válvula del tramo principal, hasta que el factor de caudal más bajo sea 1.
8. Modificar un caudal afecta al resto de caudales, por lo que tendremos que repetir el procedimiento hasta que los caudales coincidan con los de diseño.

#### Método de compensación

Se trata de un método más avanzado, en él se usa una válvula de referencia situada en el circuito más desfavorable y una válvula de compensación colocada en el tramo principal.

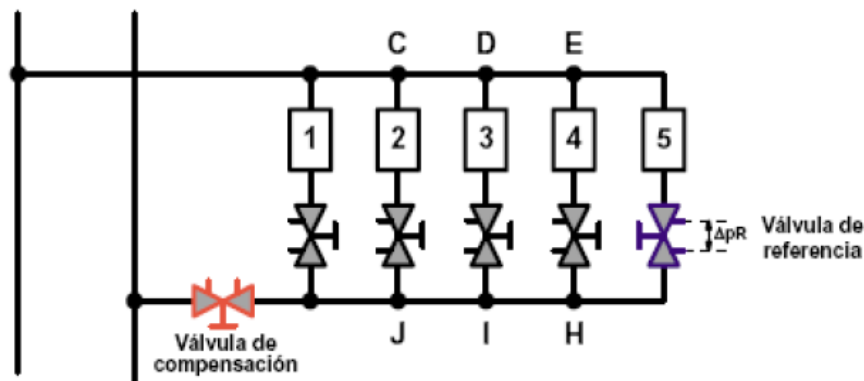


Figura 17. Método de compensación [6]

El caudal en cada válvula solo se ajusta una vez, se mide la perturbación provocada en la válvula de referencia y se ajusta nuevamente la caída de presión necesaria en la de referencia con la válvula de compensación. Se necesita medir continuamente la caída de presión en la válvula de referencia para mantener la pérdida de carga necesaria al ajustar el resto de válvulas.

Procedimiento:

1. Se empieza con todas las válvulas abiertas
2. Establecer el valor de  $\Delta P_R$  (caída de presión en la válvula de referencia) que proporcione el caudal deseado y bloquear la válvula.
3. Se ajusta la válvula 4 hasta obtener el caudal de diseño, esto provocará una modificación de  $\Delta P_R$  que se reajustará a su valor original con la válvula de compensación. Finalmente, se reajustará el caudal 4.
4. Ajustar el resto de los tramos al caudal de diseño, ajustando el valor de  $\Delta P_R$  con la válvula de compensación.
5. Al final de proceso todos los tramos tendrán la misma caída de presión y por ellos circulará el caudal de diseño.

Con este método los factores de caudal se mantienen iguales a lo largo del equilibrado. Es mejor método que el proporcional, ya que solo hay que ajustar cada válvula una vez. Además este método minimiza las pérdidas de carga en las válvulas lo que podrá minimizar la energía de bombeo.

### 2.2.3 Equilibrado automático

Se usan válvulas de equilibrado dinámico, que consiguen un caudal constante en los subcircuitos de la red mediante un sistema automático que nivela en todo momento los caudales de la red independientemente de los



cambios en las condiciones de funcionamiento (dentro de su rango de trabajo).

El ajuste de estas válvulas es sencillo y rápido, no hay proceso equilibrado porque el  $K_v$  de estas válvulas depende de la presión diferencial del circuito. Además permite optimizar el coste de bombeo (en bombas con variador de frecuencia) y la instalación puede ser modificada o ampliada sin tener que reajustar las válvulas.

## 2.3 Equipos

Los accesorios y equipos que se pueden necesitar para equilibrar una red hidráulica son los siguientes:

- Válvulas
- Instrumento de equilibrado
- Bombas con variador de frecuencia

### 2.3.1 Válvulas

#### Válvulas de equilibrado estático (STAD) [7]



Figura 18. Válvula de equilibrado Spirax Sarco [10]

Las válvulas de equilibrado estático son válvulas de dos vías que están constituidas por un vástago de avance micrométrico para controlar con precisión la caída de presión que se provoca con ella y mediante su ajuste conseguiremos el caudal deseado.



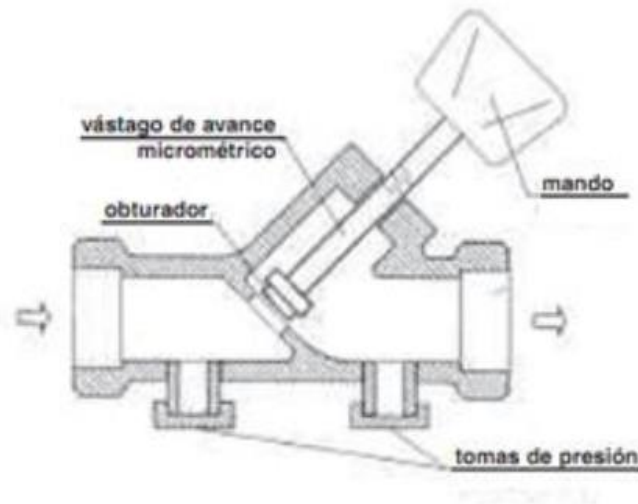


Figura 19. Esquema válvula de equilibrado estático

Para poder medir la pérdida de carga que produce la válvula cuando se ajusta, esta dispone de dos tomas de presión rápida (una antes del estrechamiento y otra después) donde se puede conectar un medidor.



Figura 20. Ajuste de una válvula de equilibrado estático

Para la selección de la válvula a instalar, los fabricantes nos proporcionan tablas de los valores de  $K_v$  de las válvulas en función del número de vueltas del mando.

Tabla 2. Valores de Kv de una válvula de Tour Andersson

### Kv values

Turns	DN 10/09	DN 15/14	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
0.5	-	0.127	0.511	0.60	1.14	1.75	2.56
1	0.090	0.212	0.757	1.03	1.90	3.30	4.20
1.5	0.137	0.314	1.19	2.10	3.10	4.60	7.20
2	0.260	0.571	1.90	3.62	4.66	6.10	11.7
2.5	0.480	0.877	2.80	5.30	7.10	8.80	16.2
3	0.826	1.38	3.87	6.90	9.50	12.6	21.5
3.5	1.26	1.98	4.75	8.00	11.8	16.0	26.5
4	1.47	2.52	5.70	8.70	14.2	19.2	33.0

### Válvulas de equilibrado dinámico

Estas válvulas son automáticas porque cambian su  $K_v$  porque en función de la presión diferencial que hay en la red para que pase por ellas el caudal al que están calibradas.



Figura 21. Válvula de equilibrado dinámico Sedical [11]

El elemento que permite la regulación automática en las válvulas de equilibrado dinámico es el cartucho. Al dimensionar la válvula lo que hacemos es seleccionar el cartucho, en función del caudal nominal, y este lo mantendrá constante en su rango de control de presión.

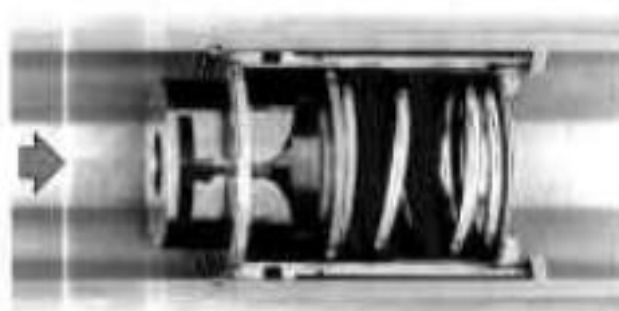


Figura 22. Cartucho de una válvula de equilibrado automático

Funcionamiento:

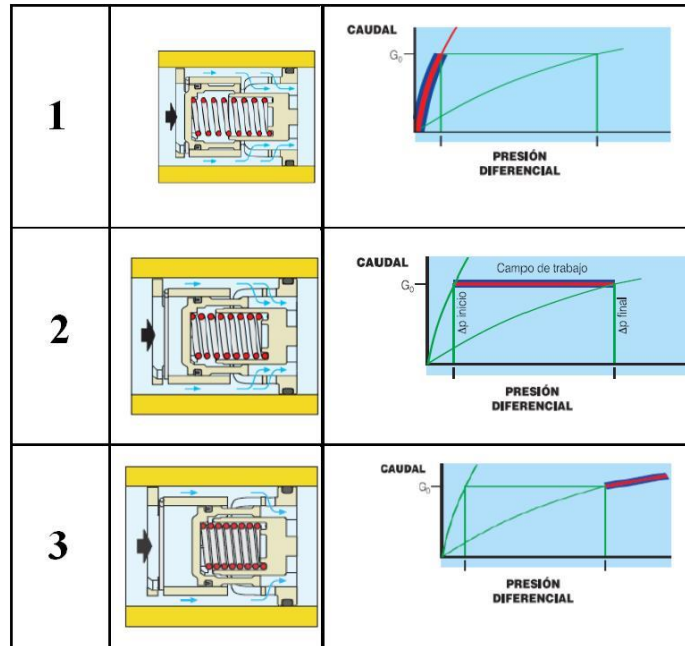


Figura 23. Funcionamiento de válvula de equilibrado dinámico [5]

En las situaciones 1 y 3 el cartucho está fuera de su rango de trabajo (en 1 el muelle está sin comprimir y en la 3 totalmente comprimido). En ambas situaciones funciona como un regulador fijo y por ello el caudal que pasa solo dependerá de la presión diferencial.

En la situación 2, correspondiente al campo de trabajo, el flujo comprime el resorte para que el pistón deje la sección necesaria para que pase el caudal nominal.

#### Regulador de presión diferencial

Su función es mantener constante la caída de presión entre dos puntos de la instalación. La válvula reguladora se instala en el retorno y se conecta a otra válvula en la tubería de impulsión mediante un tubo capilar. Se usa en circuitos a caudal variable.



Figura 24. Regulador de presión diferencial [5]

La regulación se realiza gracias a una membrana con un muelle en el interior del regulador, a un lado de la membrana tendremos la presión del retorno y en el otro tendremos la presión de impulsión (transmitida por el tubo capilar); en función de esta diferencia de presiones se moverá un obturador en el regulador que hará que la caída de presión aumente o disminuya hasta el valor para el que el regulador esté tarado.

#### Válvulas de tres vías de control de flujo

Se trata de válvulas con actuador que se usan en instalaciones a caudal constante que se usan para hacer un by-pass del flujo cuando una unidad terminal no tiene demanda.



Figura 25. Válvula de 3 vías Fisher con actuador.

### Válvulas de descarga modulante (BPV)

Tienen diversas funciones, como asegurar el caudal mínimo a la bomba, reducir el salto térmico en tuberías o limitar la presión diferencial.



Figura 26. Válvula BPV TA Hydronics [12]

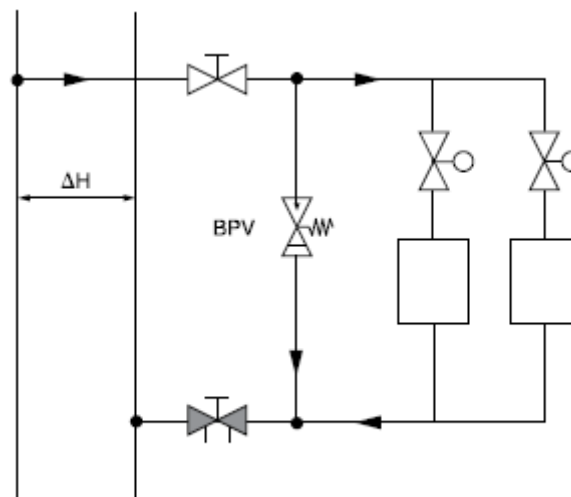


Figura 27. Ejemplo de instalación de válvula BTV [7]

La válvula BTV instalada aguas abajo de la válvula de regulación, entre la impulsión y el retorno mantiene constante la presión diferencial de consigna.

### **2.3.2 Instrumento de equilibrado**

Se trata de una herramienta para la medición y el registro de presión diferencial, el caudal, la temperatura y la potencia de sistemas hidráulicos.



Figura 28. Instrumento de equilibrado TA Hydronics [12]

Además de usarse para ajustar las válvulas de equilibrado, nos sirve para obtener información del funcionamiento de la instalación y permite la descarga de datos a un ordenador y gracias a ello la localización de problemas de funcionamiento en la instalación será mucho más rápida.

### 2.3.3 Bombas con variador de frecuencia

El uso de bombas con variador de frecuencia es útil en las instalaciones, ya que al poder variar el régimen de giro de la bomba se puede adaptar a cambios de la demanda (variamos el caudal) y ahorramos energía [8].



Figura 29. Variador de frecuencia Schneider [13]



El caudal, altura y la potencia consumida de una bomba dependen del régimen de giro de la bomba según las siguientes leyes de semejanza:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (\text{Ec. 6})$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \quad (\text{Ec. 7})$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \quad (\text{Ec. 8})$$

Las bombas son accionadas por motores de corriente alterna y su velocidad de giro depende la frecuencia de la red según la fórmula:

$$n = \frac{120 \cdot f}{p} \quad (\text{Ec. 9})$$

Donde:

n: velocidad de giro del motor (rpm)

f: frecuencia de la red (Hz)

p: número de polos del motor

Por lo que en una red de 50 Hz un motor de dos polos girará a 3000 rpm y uno de cuatro polos a 1500 rpm.

Cambiando la frecuencia de la electricidad que acciona el motor de la bomba, la curva de esta cambiará, como se puede ver en la siguiente figura.

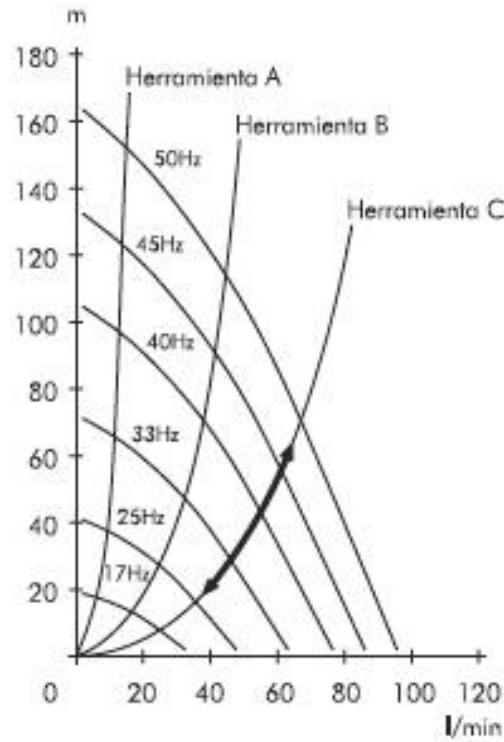


Figura 30. Curvas de una bomba a distintas frecuencias de red [8]

Por lo que el uso del variador de frecuencia sacará partido de las anteriores relaciones de semejanza para adaptar la bomba a la demanda de la instalación y lograr la principal ventaja de estos sistemas: el ahorro de electricidad.

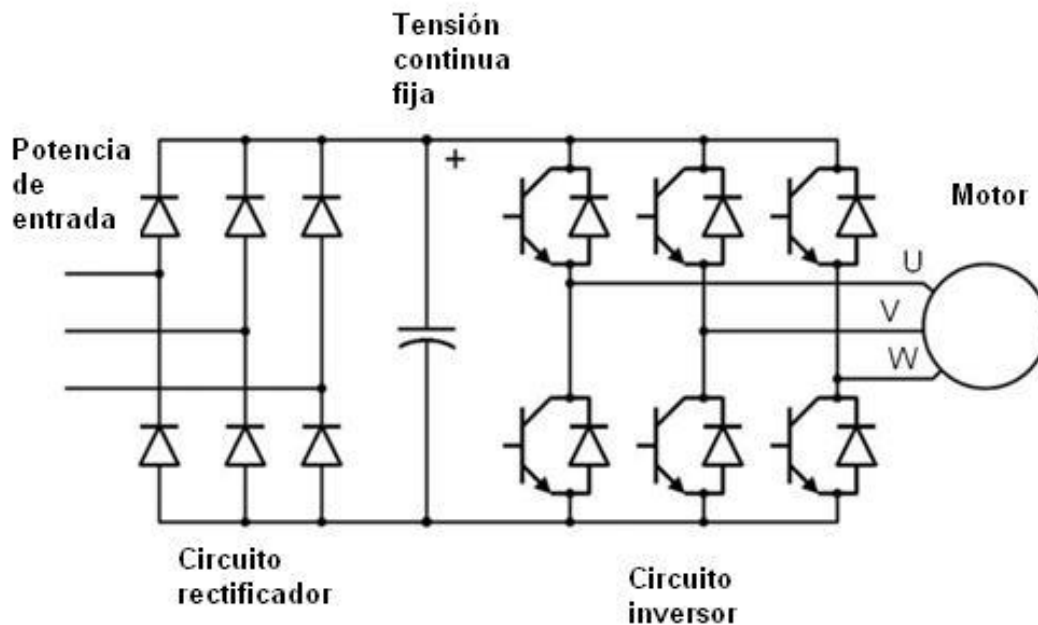


Figura 31. Esquema del circuito de un variador de frecuencia



## 2.4 Programas de diseño y simulación

Existen diversos programas para el diseño y simulación de instalaciones hidráulicas, suelen estar desarrollados por los fabricantes de equipos de climatización y las licencias para usarlos no suponen ningún coste, normalmente es suficiente con un registro gratuito para poder descargarlos.

Este tipo de programas permiten diseñar la instalación de la forma más eficiente posible. Tienen en cuenta pérdidas por fricción, por singularidades, potencia disipada por los emisores, la transmisión de calor en los conductos, etc. Tras simular la instalación se puede acceder a una gran cantidad de datos, como la potencia total de la instalación, su capacidad, pérdidas totales, pérdida de presión en cada tubería, velocidad de flujo, punto de funcionamiento de la bomba entre otros muchos datos.

### 2.4.1 Danfoss CH

Este programa está desarrollado y distribuido por la empresa danesa Danfoss y es el que se usará para las simulaciones de este trabajo.

Permite tanto el diseño de instalaciones nuevas como la regulación de instalaciones ya existentes.

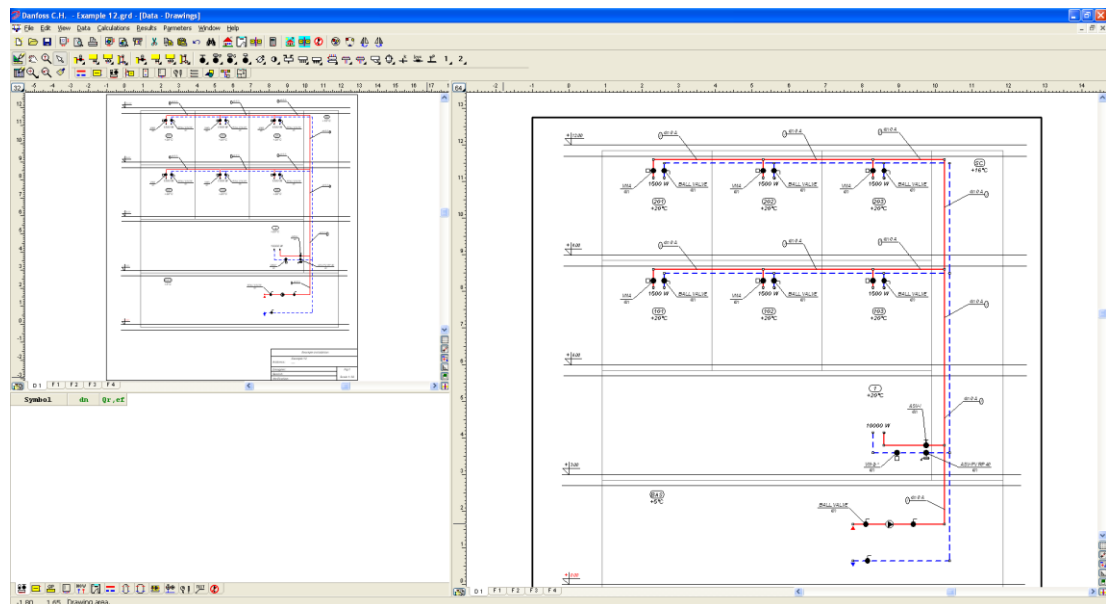


Figura 32. Pantalla principal de Danfoss CH 3.8

Tras dibujar la instalación en la pantalla principal, se debe simular para que haga los cálculos necesarios y poder analizar los resultados.



## Análisis del equilibrado de una red de distribución de agua, en un sistema de climatización de locales



Heating agent temperatures:

Ts, [°C] .....:  Tr, [°C]:

Tpip, [°C] .....:

Agent type.....:

Heat source parameters:

Hydr. res. [Pa]:  Capacity [L]:

Pipe type info:

Typ A:  Typ B:  Typ C:  Typ D:

Typ E:  Typ F:  Typ G:  Typ H:

Typ I:  Typ J:  Typ K:  Typ L:

Typ M:  Typ N:  Typ O:  Typ P:

Installation & heat source hydraulic resistance dPc, [Pa]:

Pipe-run with radiator minimal resistance... dPrmin, [Pa]:

Total water flux in installation..... Gt, [kg/s]:

Total capacity of installation..... Vt, [L]:

Calculation installation heat load..... Qc, [W]:

Lost load..... Qlo, [W]:

Add. output reserve for loading the heat buffer Qres, [W]:

Required design source heat output in winter.... Qsw, [W]:

Required design source heat output in summer.... Qss, [W]:

Figura 33. Resultados generales proporcionados por Danfoss CH 3.8

Además de estos resultados generales, se pueden ver por cada tubería, por circuitos, por habitación, datos de las bombas, etc.

Tabla 3. Resultados por tuberías de Danfoss CH

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP	
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	
S	A			3.00	16	1500	0.024	0.274	140.6	1.0	459
S	A			3.00	20	3000	0.048	0.296	108.7	1.0	370
S	A			4.80	32	9000	0.144	0.343	76.0	1.0	424
S	A			0.50	16	1500	0.024	0.273	140.9	5.2	266
			VMA dn 15 mm aut.= 0.00 Kv= 2.500 m3/h								
S	A			1.95	25	4500	0.072	0.285	76.0	2.0	229
S	A			2.50	40	19000	0.303	0.463	97.6	0.1	258
S	A			0.35	32	10000	0.160	0.381	91.5	2.0	177
S	A			2.15	40	19000	0.303	0.463	97.7	2.0	424
S	A			1.65	32	10000	0.160	0.381	91.5	34.1	2626
			ASV-I preset 2.4 dn 25 mm Kv = 3.784 m3/h								
S	A			3.00	25	4500	0.072	0.285	75.9	1.0	268
S	A			3.00	20	3000	0.048	0.296	108.6	1.0	370
S	A			0.50	16	1500	0.024	0.274	140.6	5.0	258
			VMA dn 15 mm aut.= 0.00 Kv= 2.500 m3/h								
S	A			0.50	16	1500	0.024	0.274	140.5	5.0	258
			VMA dn 15 mm aut.= 0.00 Kv= 2.500 m3/h								
S	A			3.00	16	1500	0.024	0.274	140.5	1.0	459
S	A			0.50	16	1500	0.024	0.273	140.8	5.2	266
			VMA dn 15 mm aut.= 0.00 Kv= 2.500 m3/h								
S	A			0.50	16	1500	0.024	0.274	140.5	5.0	258
			VMA dn 15 mm aut.= 0.00 Kv= 2.500 m3/h								

Tabla 4. Resultados de las bombas de Danfoss CH

Number	dP	G	H	V	T	Ro	dP H20	H H20
Riser	Pipe-run	Pa	kg/s	m	m3/h	°C	Pa	m
		27727	0.303	2.85	1.10	40.0	992	2.85

## 2.4.2 Hecos

Este programa pertenece a la empresa TA Hydronics, de Suecia. Tiene una interfaz y características similares a Danfoss CH, aunque los archivos no son intercambiables de un programa al otro.

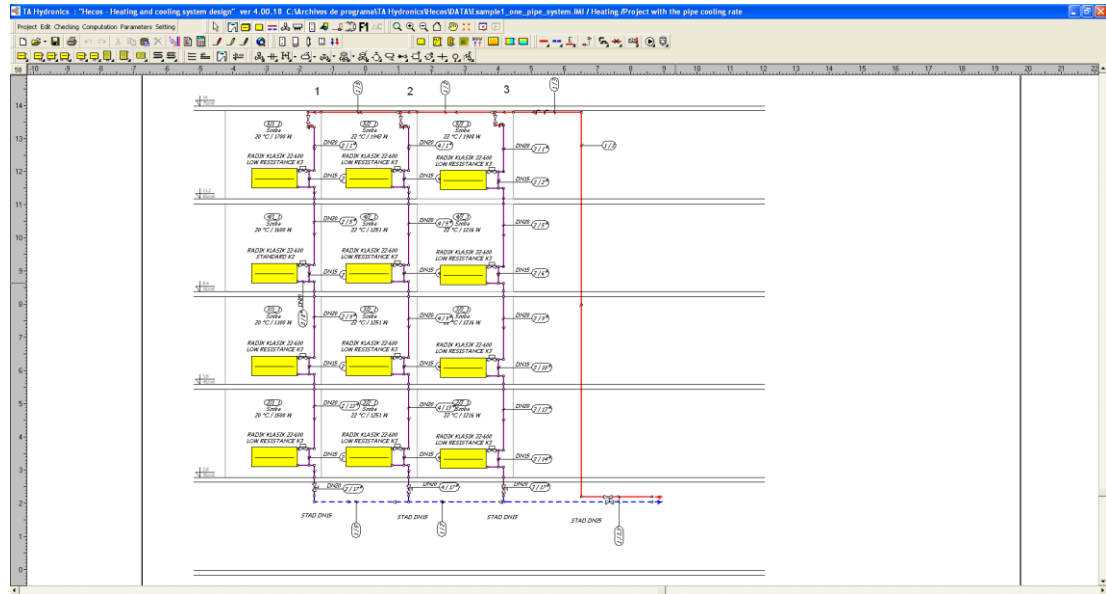


Figura 34. Pantalla principal de Hecos

Los resultados que proporciona también son parecidos a los de Danfoss CH, como se puede ver en las siguientes figuras:

Heating	
Project with the pipe cooling rate	
Supply temperature	80 °C
Return temperature	65 °C
Gravitation Factor	0.40
Computation based on: Pressure loss of pipes	
Linear pressure drop	120 Pa/m
Volume of system w/o consumers	197 dm <sup>3</sup>
Heat source dP	0 Pa
Pump head	10000 Pa
Minimum pressure loss of the system	14124 Pa
Small pump head	
Min. pressure drop on the valves	
Thermostatic valves	500 Pa
Balancing valves	3000 Pa
Radiator lockshield valves	500 Pa
Control valves	5000 Pa
Minimum authority	0.25

Figura 35. Resultados generales de Hecos



Análisis del equilibrado de una red de distribución de agua, en un sistema de climatización de locales



Tabla 5. Resultados por tuberías de Hecos

	Type	Module	Segm	Mass flow kg	Length (m)	DN (mm)	R Pa/m	Friction dP Pa	w m/s	Singularity	Dynamic dP	Total dP Pa	t1 °C	t2 °C
=>1	!! Minimum pressure loss of the system Pump head: 10000 Pa												80	65
2	Steel DIN1		3	975.3	41.60	DN32	36	1498	0.31	3.4	154	1652	80	80
3	Steel DIN1		2	659.4	20.00	DN25	73	1451	0.37	0.5	33	1484	80	80
4	Steel DIN1		5	335.5	22.45	DN20	64	1446	0.29	2.7	113	1559	80	80
5	Steel DIN1		4	315.9	2.40	DN20	58	138	0.28	4.7	174	313	80	80
6	Steel DIN1		1	323.9	2.45	DN20	60	148	0.28	4.7	183	331	80	80
7	Steel DIN1		5'	335.5	10.31	DN20	66	681	0.29	0.7	29	710	65	65
8	Steel DIN1		2'	659.4	7.18	DN25	74	532	0.36	0.7	45	577	65	65
9	Steel DIN1		3'	975.3	11.33	DN32	37	418	0.3	0.0	0	418	65	65
10	STAD				kv: 5.74	25	Setting				3000			
11	Steel DIN1		4'	315.9	0.20	DN20	59	12	0.27	1.1	40	52	65	65
12	Steel DIN1		1'	323.9	0.20	DN20	62	12	0.28	1.1	43	55	65	65
13	Steel DIN2		2*	251.6	0.50	DN15	188	94	0.42	2.5	212	306	80	80
14	Steel DIN2		1*	335.5	1.80	DN20	64	116	0.29	0.0	0	116	80	80
15	Steel DIN2		3*	83.9	0.30	DN20	5	2	0.07	0.4	1	3	80	80
16	LOW RESISTANCE K3				kv: 2.27	20					145			
17	Steel DIN2		4*	83.9	0.30	DN20	5	1	0.07	3.0	8	9	62.7	62.7
18	Steel DIN2		5*	335.5	3.15	DN20	65	204	0.29	3.0	125	329	75.7	75.7
19	Steel DIN2		6*	251.6	0.50	DN15	188	94	0.42	2.5	212	306	75.7	75.7
20	Steel DIN2		9*	335.5	3.30	DN20	65	215	0.29	3.0	125	340	71.6	71.6
21	Steel DIN2		10*	251.6	0.50	DN15	190	95	0.42	2.5	211	306	71.6	71.6
22	Steel DIN2		13*	335.5	3.25	DN20	66	213	0.29	3.0	125	338	68.8	68.8
23	Steel DIN2		14*	251.6	0.50	DN15	190	95	0.42	2.5	211	306	68.8	68.8
24	Steel DIN2		17*	335.5	1.40	DN20	66	92	0.29	3.0	124	217	65	65
25	STAD				kv: 1.98	15	Setting				3000			
26	Steel DIN2		7*	83.9	0.30	DN20	5	2	0.07	0.4	1	3	75.7	75.7
27	STANDARD K2				kv: 0.79	20					1188			
28	Steel DIN2		8*	83.9	0.30	DN20	4	1	0.07	3.0	8	9	59.4	59.4

Tabla 6. Resultados de válvulas de Hecos

	Module	Room	Type	DN (mm)	Mass flow kg	kv	Pre-setting	xP	dP Pa	dP+ Pa	w m/s
=>1		1	STAD	25	975.3	5.74	2.6		3000		0.57
2		2	STAD	15	335.5	1.98	3.5		3000		0.47
3		2/1_1	LOW RESISTANCE K3	20	83.9	2.27			143		
4		3/1_1	LOW RESISTANCE K3	20	83.9	2.27			143		
5		5/1_1	LOW RESISTANCE K3	20	83.9	2.27			145		
6		4/1_1	STANDARD K2	20	83.9	0.79			1188		
7		3	STAD	15	315.9	1.19	2.8		7284		0.45
8		2/3_1	LOW RESISTANCE K3	20	79	2.27			126		
9		3/3_1	LOW RESISTANCE K3	20	79	2.27			127		
10		4/3_1	LOW RESISTANCE K3	20	79	2.27			127		
11		5/3_1	LOW RESISTANCE K3	20	79	2.27			128		
12		4	STAD	15	323.9	1.46	3.1		5126		0.46
13		2/2_1	LOW RESISTANCE K3	20	81	2.27			133		
14		3/2_1	LOW RESISTANCE K3	20	81	2.27			133		
15		4/2_1	LOW RESISTANCE K3	20	81	2.27			134		
16		5/2_1	LOW RESISTANCE K3	20	81	2.27			135		



### 3. Descripción de la instalación



## Análisis del equilibrado de una red de distribución de agua, en un sistema de climatización de locales



### 3.Descripción de la instalación

Las instalaciones climatizadoras del HURH son numerosas y deben proporcionar a cada área las condiciones ambientales necesarias, para lo que puede hacer falta proporcionar calor o frío y también se puede requerir establecer atmósferas de sobrepresión o depresión.

Para las necesidades de climatización el hospital dispone de unidades de tratamiento de aire (UTAs), hay un total de 201 UTAs repartidas por el edificio y garantizan el acondicionamiento climático del hospital.



Figura 36. Unidad de tratamiento de aire del hospital

Además de las UTAs el edificio dispone, en algunas zonas, de unidades terminales que sirven para calentar o enfriar el aire de los conductos con instalaciones a dos o cuatro tubos. En la instalación que se analizará se trata de intercambiadores agua-aire.

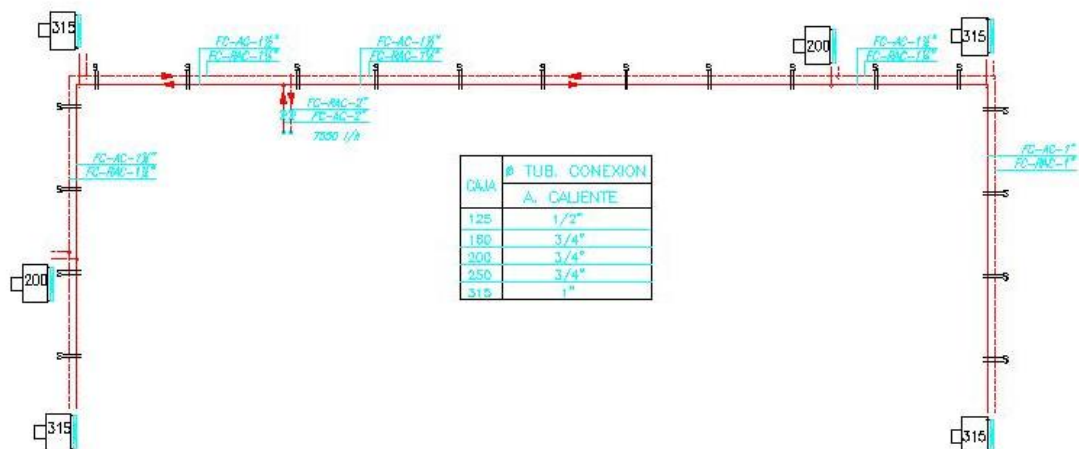


Figura 37. Instalación a dos tubos del bloque quirúrgico



### 3.1 Instalación

La instalación que se analiza en este trabajo se encuentra en el Edificio Oeste del hospital en el nivel 1 y climatiza los laboratorios de biología molecular, orinas, serología y bioquímica. Se trata de una instalación a dos tubos con cuatro anillos, en cada laboratorio entre un único tubo de impulsión y otro de retorno.



Figura 38. Instalación climatizadora de los laboratorios.

Estos laboratorios son zonas diáfanas, con algunos despachos con acceso desde los laboratorios.





Figura 39. Laboratorio de orinas.

La instalación climatizadora de cada laboratorio cuenta en unos casos con 6 y en otros 7 intercambiadores agua-aire (26 en total) que se encargan de terminar de climatizar, con calor, el aire que proviene de la UTA, si fuese necesario.



Figura 40. Intercambiador agua-aire de la instalación.

Para controlar los intercambiadores en el retorno de cada uno hay una válvula accionada un actuador todo-nada de aceite térmico que a su vez está gobernado por un controlador configurable y una sonda de temperatura



ambiente, todo enmarcado en el sistema de control del H.U.R.H. del cual se hablará más adelante.



Figura 41. Válvula con el actuador.

Las tuberías de la instalación son de acero negro con distintos diámetros según el punto de la instalación (los posibles diámetros son 25, 32, 40, 50, 65 y 80 mm), todas ellas debidamente aisladas y discurren por el interior del falso techo de los pasillos y laboratorios.

La instalación cuenta con una subcentral de distribución formada por dos bombas, aunque el agua de la instalación es movida por sólo una, semanalmente se rota su funcionamiento para evitar desgastes excesivos y siempre tenemos una segunda bomba para cubrir posibles averías y labores de mantenimiento.

La presión diferencial entre impulsión y retorno es de 1 bar y se mantiene en ese valor por medio de un regulador de presión diferencial.



Figura 42. Subcentral de distribución de la instalación.



## 3.2 Características técnicas de los equipos

A continuación se exponen los datos de los equipos que conforman la instalación, estos han sido obtenidos de la documentación disponible en el hospital y de las especificaciones proporcionadas por los fabricantes en los documentos sobre los equipos disponibles en sus páginas web.

### 3.2.1 Intercambiadores

Los intercambiadores usan agua como fluido caloportador que pasa a través de una serie de tubos aleteados para calentar el aire. En la instalación a analizar hay 4 modelos distintos, cuyas características se exponen a continuación.

Tabla 7. Características de los intercambiadores

Modelo	Q <sub>aire</sub> max (m <sup>3</sup> /h)	v. paso (m/s)	T <sup>a</sup> agua		T <sup>a</sup> aire		Pot. (kW)	Q <sub>agua</sub> (l/h)	ΔP agua (kPa)	ΔP aire (Pa)
			Ent. (°C)	Sal. (°C)	Ent. (°C)	Sal. (°C)				
TMRN-160	600	5,34	60	50	15	28,45	4.16	365	6,1	154
TMRN-200	1000	4,21	60	50	15	29,59	7,31	640	11	109
TMRN-250	1300	5,12	60	50	15	29,33	10,9	950	9,1	142
TMRN-315	2300	5,1	60	50	15	29,89	18,88	1650	9,6	142

### 3.2.2 Válvulas de equilibrado

La instalación dispone de 4 válvulas de equilibrado, una de ellas es de diámetro 80 mm y el resto de 50 mm. Con ellas es con las que se consigue el equilibrado de la instalación.



MSV-F2 valves are manual presetting valves. They are used for balancing the flow in heating and cooling installations.

The valves have position indicator and stroke limiter as standard. Hood of spindle is integrated with stroke limiter.

Setting can be locked. Valve characteristics are set up in measuring device PFM 5000.

Valves are free of asbestos.

Shut-off function.

**Main data:**

- DN 15 - 400
- PN 16:
  - Flow temperature: -10 °C...130 °C
- PN 25:
  - Flow temperature: -10 °C...150 °C
- Valves are mounted on flow or return pipe.

Figura 43. Válvula de equilibrado MSV- F2 [14]

### 3.2.3 Válvulas de los intercambiadores

Las válvulas de asiento situadas en los retornos de los intercambiadores, son de diámetro 20 o 25 mm, el mismo que el de la tubería de salida del intercambiador.



La válvula VMT es una válvula de asiento de 2 vías que se utiliza principalmente en sistemas de calefacción.

Se puede combinar con:

- Actuadores termohidráulicos ABV y ABNV\*
- Actuadores termostáticos automáticos RAVI, RAVK y RAVV

\* El actuador ABNV sólo se puede combinar con válvulas VMT-/8.

**Características:**

- DN 15 - 25
- $k_{VS}$  1.5 - 8.0 m<sup>3</sup>/h
- PN 10
- Temperatura:
  - Agua de circulación / agua con glicol al 30% (máximo): 2 ... 120 °C
- Conexiones:
  - Rosca externa

#### Válvula VMT


Imagen	Tipo	DN	$k_{VS}$ (m <sup>3</sup> /h)	Conexión, ISO 228/1		Presión dif. máx. (bar)	Código
				Inlet	Outlet		
	VMT 15/8	15	1.5	G ¾ A	G ¾ A	0.8	065F0115
	VMT 20/8	20	2.3	G 1 A	G 1 A		065F0120
	VMT 25/8	25	3.1	G 1 ¼ A	G 1 ¼ A		065F0125
	VMT 15/2	15	2.8	G ¾ A	G ¾ A	0.2	065F0114
	VMT 20/2	20	5.0	G 1 A	G 1 A		065F0119
	VMT 25/2	25	8.0	G 1 ¼ A	G 1 ¼ A		065F0124

Figura 44. Características de la válvula de asiento [14]

### 3.2.4 Actuador de las válvulas de asiento

Los actuadores de aceite térmico todo-nada son los encargados de abrir y cerrar las válvulas de los intercambiadores. Su funcionamiento se basa en la dilatación del aceite que tienen dentro al ser calentado por una resistencia eléctrica para accionar la válvula.

# EMO T

## Technical description

**Applications:**

Designed for ON/OFF or PWM control.

**Supply voltage:**

24V AC/DC +25% / -20%  
230V AC ±15%; Frequency 50-60 Hz

**Power consumption:**

	24 V	230 V
Starting	≤ 6 W (VA)	≤ 58 W (VA)
During operation	≤ 2 W (VA)	≤ 2,5 W (VA)
Starting current	≤ 250 mA, 60s	≤ 250 mA, 1s

**Operating cycle time:**

~ 4 min when starting from cold.

**Adjusting force:**

125 N

**Temperature:**

Max. ambient temperature: 50°C  
Min. ambient temperature: -5°C  
Max. medium temperature: 120°C  
Storage temperature: -25°C to +70°C



Figura 45. Características del actuador EMO T [14]

### 3.3 Sistema de control

El sistema de control del hospital está compuesto por autómatas del fabricante TREND. Dentro de la arquitectura del sistema de control se pueden distinguir dos tipos de controladores:

Primero se tienen los equipos que son totalmente programables y que corresponden a las familias IQ2XX e IQ3XCITE. Dichos autómatas forman la red de comunicaciones LAN (Local Area Network) formada por 5 anillos, denominados LAN 6, LAN 7, LAN 8, LAN 9 y LAN 48. Este último anillo forma una LAN virtual con los autómatas que la forman, conectados a la red de ETHERNET del propio hospital.



Figura 46. Controlador IQ3 TREND [15]



En segundo lugar se dispone de los controladores configurables de la familia IQL, en concreto el modelo 11+ y que forman parte de la red LON (Local Owner Network). Estos equipos son, como se comentó anteriormente, los que gobiernan el funcionamiento de las válvulas de la instalación de climatización de este estudio.



Figura 47. Controlador IQL TREND

Los controladores IQLs se configuran en función de la unidad terminal de climatización que van a gobernar, número de tubos, fluido caloportador, tiempo de apertura de válvulas, etc., y realiza la gestión de apertura o cierre de la válvula mediante las lecturas tomadas con una sonda de temperatura ambiente.



Figura 48. Sonda de temperatura ambiente TREND HD/T

Cabe añadir que la comunicación entre los diferentes anillos LAN, la red LON y la red ETHERNET se realiza mediante una serie de tarjetas de comunicaciones, CNC2 (PC↔LAN), INC (LAN↔LAN), LINC (LAN↔LON) y XTEND (LAN↔ETHERNET), situadas en un anillo denominado INTERLAN.



Figura 49. Tarjetas de comunicaciones

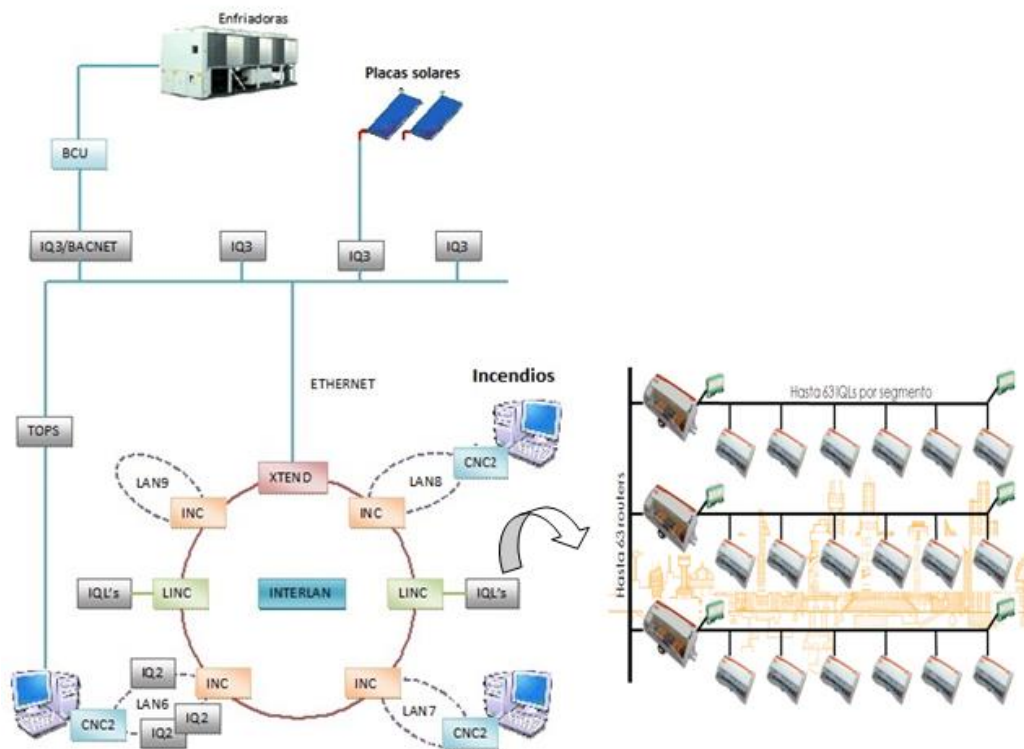


Figura 50. Arquitectura de control del hospital



Para realizar las labores de control y visualización de las válvulas así como para la configuración de los equipos que las gobiernan el fabricante TREND dispone de dos softwares.

Un programa tipo SCADA, cuyo nombre comercial es 963, que es utilizado para la visualización y el control de la instalación, sobre todo a nivel usuario, permitiendo cambiar consignas, activar o desactivar elementos de la instalación, ver históricos, gestionar alarmas, etc.

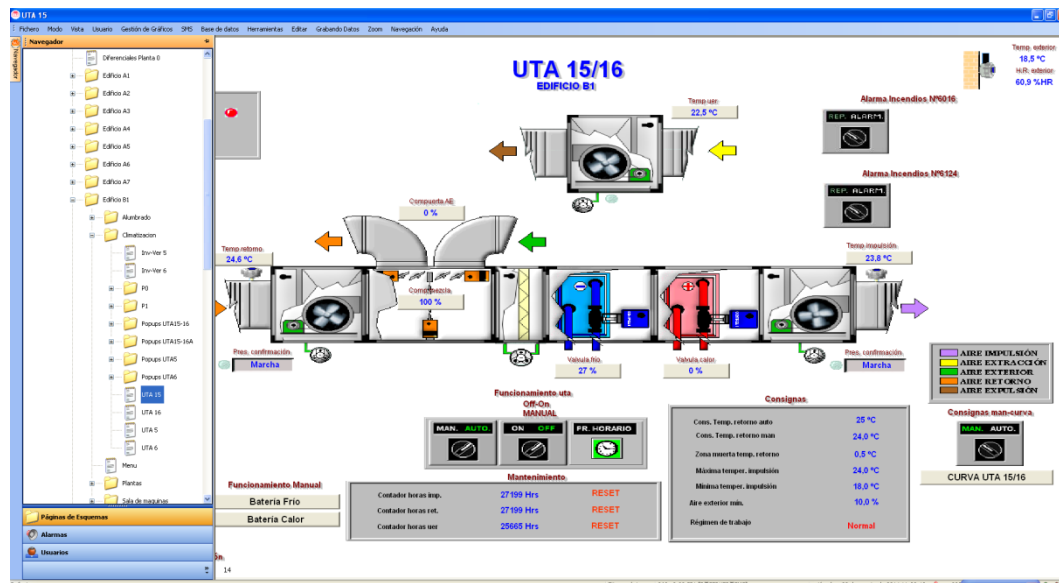


Figura 51. Pantalla del 963

Un software de programación, llamado SET, permite a nivel de ingeniería la programación de los equipos programables y la configuración, a través de la herramienta IQLTool2, de los equipos configurables.



# Análisis del equilibrado de una red de distribución de agua, en un sistema de climatización de locales

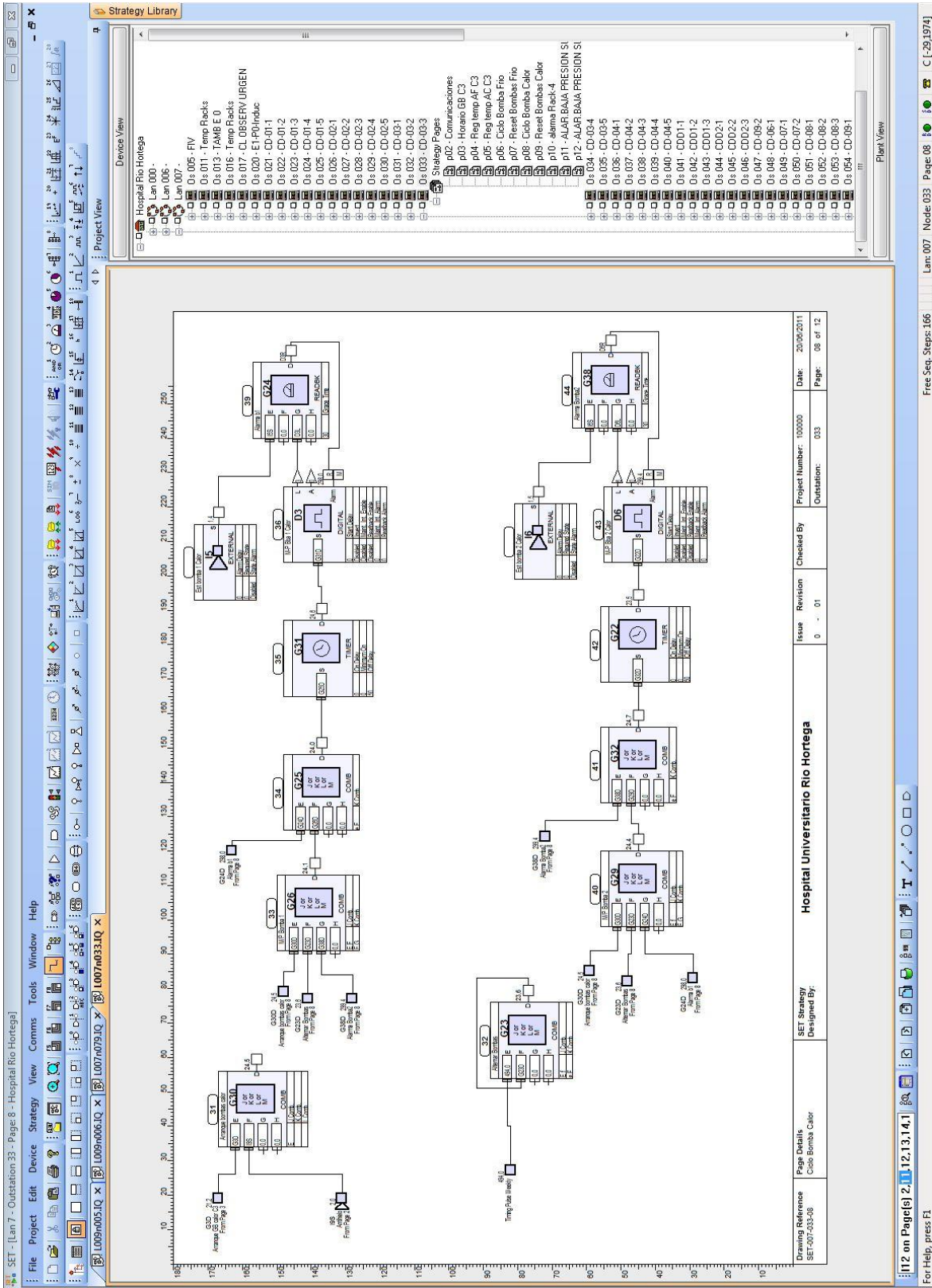


Figura 52. Pantalla del SET

En lo que concierne al control de la instalación que se analiza en este trabajo, podemos ver las temperaturas ambientales y cambiar las consignas desde el programa 963.

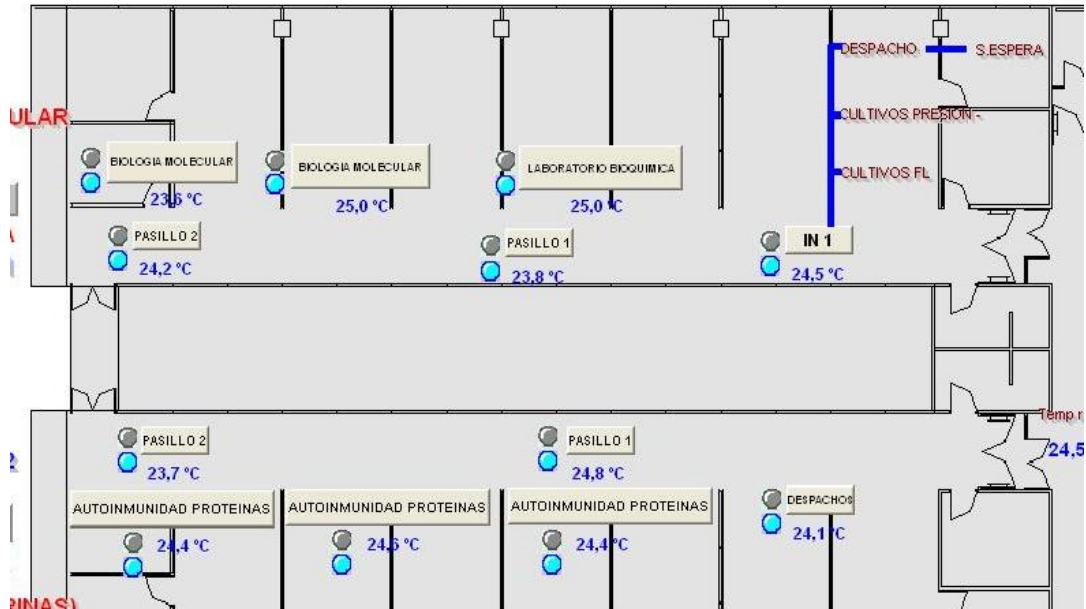


Figura 53. Detalle de la pantalla de temperaturas de los laboratorios

También podemos ver el estado de cada intercambiador:

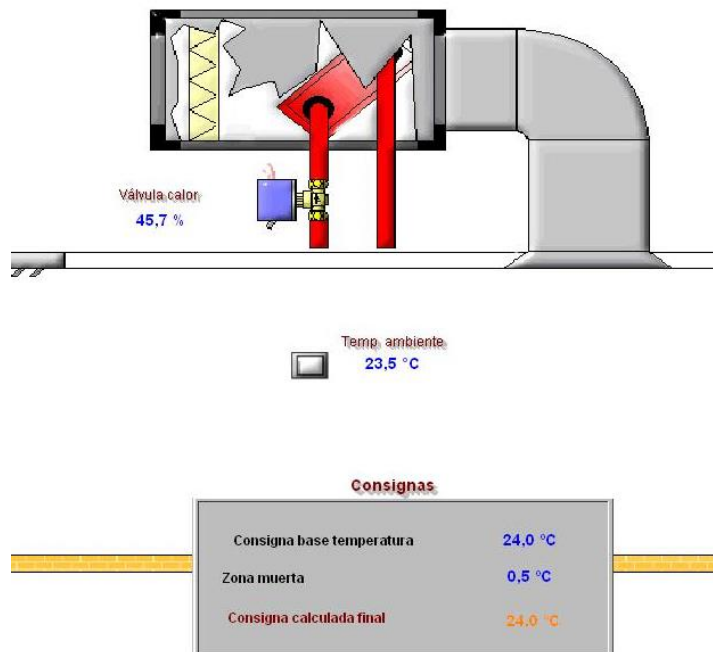


Figura 54. Detalle de la pantalla de un intercambiador



Finalmente cabe señalar que también podemos ver el esquema de la distribución y ajustar las consignas de rangos de temperaturas del agua, presión diferencial, etc.

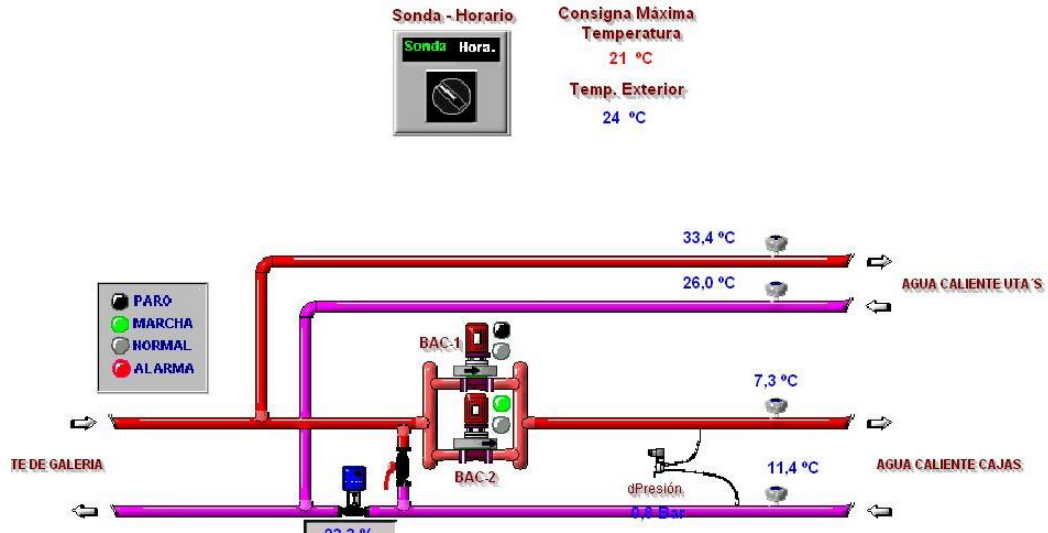


Figura 55. Detalle de la pantalla de distribución



### 3. Modelado, simulaciones, análisis y actuaciones



Análisis del equilibrado de una red de distribución de agua, en un sistema de climatización de locales



### 3. Modelado, análisis, simulaciones y actuaciones

#### 3.1 Modelado de la instalación

Para modelar la instalación hidráulica se usará el programa Danfoss CH, versión 3.8.

El primer paso es ajustar los datos generales, para ello vamos a Data->General y allí se seleccionan la temperatura de impulsión, la de retorno, la presión diferencial y el tipo de tuberías que se usarán.

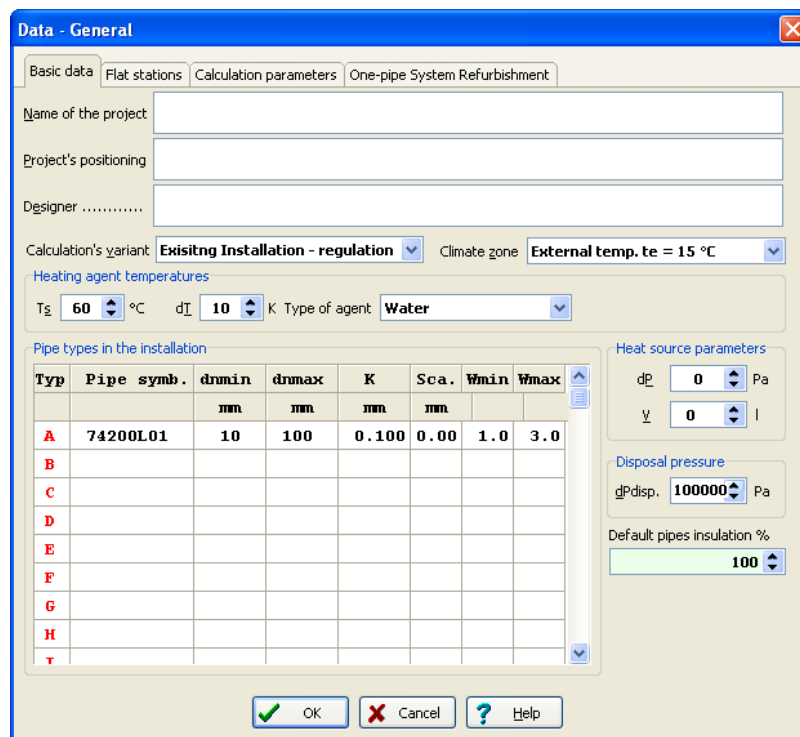


Figura 56. Configuración de datos generales

El siguiente paso es dibujar la distribución general de las tuberías de la instalación en el programa, como referencia se usa el plano de tuberías de esa zona (Figura 38).

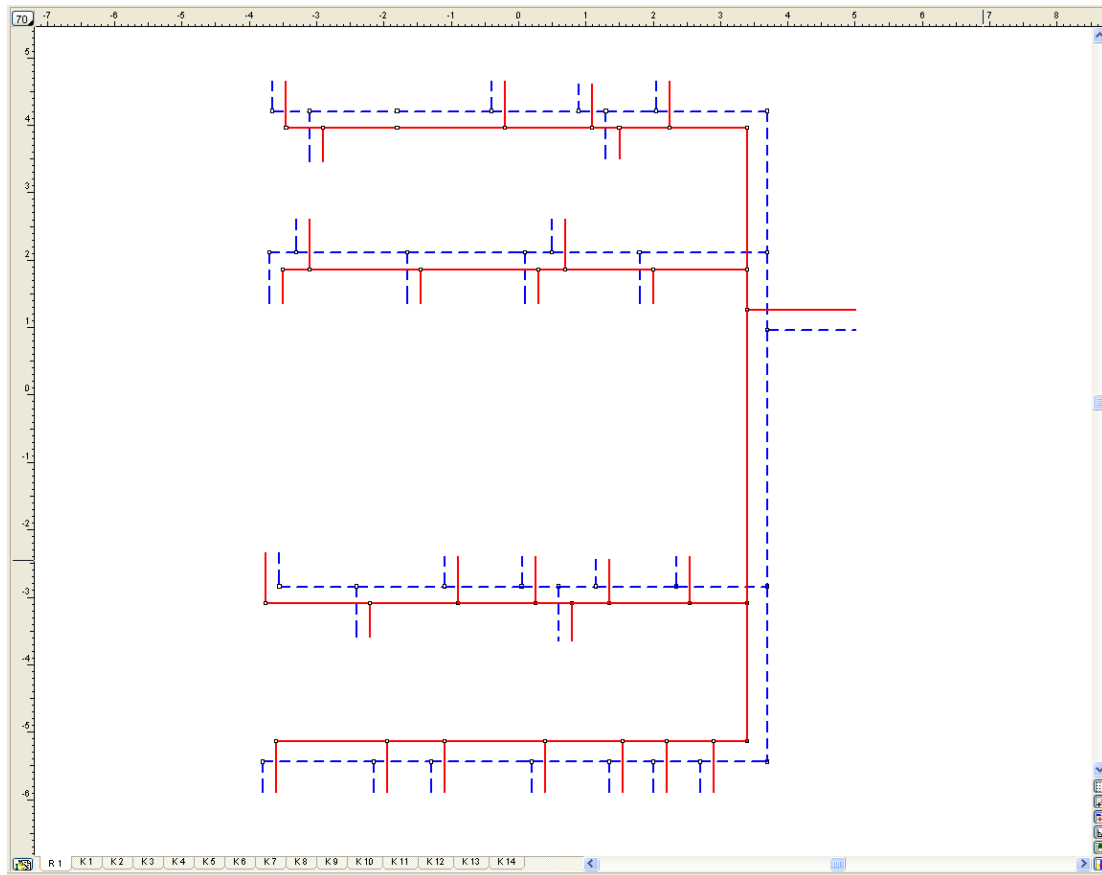


Figura 57. Esquema de las tuberías

Ahora hay que ajustar los diámetros y longitudes de cada tramo, los cuales obtenemos del plano de la instalación.





Tabla 8. Ajuste de longitudes y diámetros de los tramos de tubería

Type	Riser	Pipe-run	Ins.	dn	L	Type	Riser	Pipe-run	Ins.	dn	L	Type	Riser	Pipe-run	Ins.	dn	L	Type	Riser	Pipe-run	Ins.	dn	L					
S	A	1	A	100	80	2.72	R	A	19	A	100	25	2.82	S	A	6	UT	100	25	0.84	R	A	24	UT	100	20	0.45	
R	A	1	A	100	80	2.42	R	A	15	A	100	40	4.02	R	A	6	UT	100	25	1.04	S	A	25	UT	100	20	0.65	
S	A	1	B	100	65	2.05	R	A	16	A	100	40	3.20	S	A	7	UT	100	25	0.32	R	A	25	UT	100	20	0.45	
R	A	1	B	100	65	2.50	R	A	18	A	100	32	4.12	R	A	7	UT	100	25	0.12	S	A	26	UT	100	25	0.46	
S	A	1	C	100	50	7.29	S	A	13	B	100	50	3.08	S	A	8	UT	100	25	0.45	R	A	26	UT	100	25	0.26	
R	A	1	C	100	50	7.74	S	A	14	A	100	40	4.64	R	A	8	UT	100	25	0.62								
R	A	4	A	100	32	7.16	S	A	16	A	100	40	3.20	S	A	9	UT	100	20	1.26								
R	A	2	B	100	40	7.05	S	A	19	A	100	25	3.12	R	A	9	UT	100	20	1.06								
R	A	5	A	100	32	6.66	S	A	15	A	100	40	4.02	S	A	10	UT	100	20	1.22								
R	A	3	B	100	40	0.60	S	A	17	A	100	32	7.21	R	A	10	UT	100	20	1.02								
R	A	6	A	100	32	0.68	S	A	18	A	100	32	4.12	S	A	11	UT	100	25	0.39								
S	A	3	A	100	40	0.60	S	A	20	A	100	50	5.85	R	A	11	UT	100	25	0.59								
S	A	4	A	100	32	7.16	R	A	20	A	100	50	6.25	S	A	12	UT	100	25	1.22								
S	A	6	A	100	32	0.66	R	A	24	A	100	32	7.22	R	A	12	UT	100	25	1.02								
S	A	2	A	100	40	7.05	R	A	23	A	100	40	3.11	S	A	13	UT	100	20	0.65								
S	A	5	A	100	32	6.66	R	A	20	B	100	50	3.83	R	A	13	UT	100	20	0.46								
S	A	7	A	100	65	6.31	R	A	26	A	100	25	3.31	S	A	14	UT	100	20	0.67								
R	A	7	A	100	65	6.31	R	A	22	A	100	50	4.07	R	A	14	UT	100	20	0.47								
R	A	11	B	100	32	2.89	R	A	25	A	100	32	4.05	S	A	15	UT	100	20	0.26								
R	A	10	A	100	40	7.18	R	A	21	A	100	50	4.39	R	A	15	UT	100	20	0.46								
R	A	7	B	100	50	7.83	S	A	26	A	100	25	3.37	S	A	16	UT	100	20	0.64								
R	A	8	A	100	50	7.27	S	A	20	B	100	50	3.39	R	A	16	UT	100	20	0.44								
R	A	11	A	100	40	4.05	S	A	22	A	100	50	4.07	S	A	17	UT	100	20	0.53								
R	A	12	A	100	32	0.38	S	A	23	A	100	40	3.11	R	A	17	UT	100	20	0.34								
R	A	9	A	100	50	0.29	S	A	24	A	100	32	7.22	S	A	18	UT	100	20	0.26								
S	A	11	A	100	40	4.22	S	A	25	A	100	32	4.05	R	A	18	UT	100	20	0.46								
S	A	7	B	100	50	7.37	S	A	21	A	100	50	4.34	S	A	19	UT	100	25	0.36								
S	A	10	A	100	40	7.21	S	A	1	UT	100	25	0.12	R	A	19	UT	100	25	0.16								
S	A	12	A	100	32	0.41	R	A	1	UT	100	25	0.32	S	A	20	UT	100	20	0.76								
S	A	11	B	100	32	2.74	S	A	2	UT	100	20	0.37	R	A	20	UT	100	20	0.56								
S	A	9	A	100	50	0.24	R	A	2	UT	100	20	0.19	S	A	21	UT	100	20	0.65								
S	A	8	A	100	50	7.27	S	A	3	UT	100	20	0.92	R	A	21	UT	100	20	0.45								
S	A	13	A	100	65	16.57	R	A	3	UT	100	20	1.12	S	A	22	UT	100	20	0.65								
R	A	13	A	100	65	16.13	S	A	4	UT	100	20	1.00	R	A	22	UT	100	20	0.45								
R	A	17	A	100	32	7.21	R	A	4	UT	100	20	1.20	S	A	23	UT	100	20	0.65								
R	A	14	A	100	40	4.64	S	A	5	UT	100	20	0.37	R	A	23	UT	100	20	0.45								
R	A	13	B	100	50	3.53	R	A	5	UT	100	20	0.19	S	A	24	UT	100	20	0.65								



La designación de los tramos y circuitos de la red sigue los siguientes criterios:

- “S” para las tuberías de impulsión y “R” para las de retorno.
- Número del 1 al 26 para el subcircuito que llega a cada unidad terminal.
- Letra A, B o C para los tramos de los subcircuitos que pertenecen a los anillos.
- UT para los tramos que son derivaciones hacia las unidades terminales.

A continuación colocamos las unidades terminales, ajustándolas con su potencia nominal y la pérdida de carga que producen, las válvulas de regulación, las válvulas de asiento en el retorno de las unidades terminales y la bomba de impulsión.

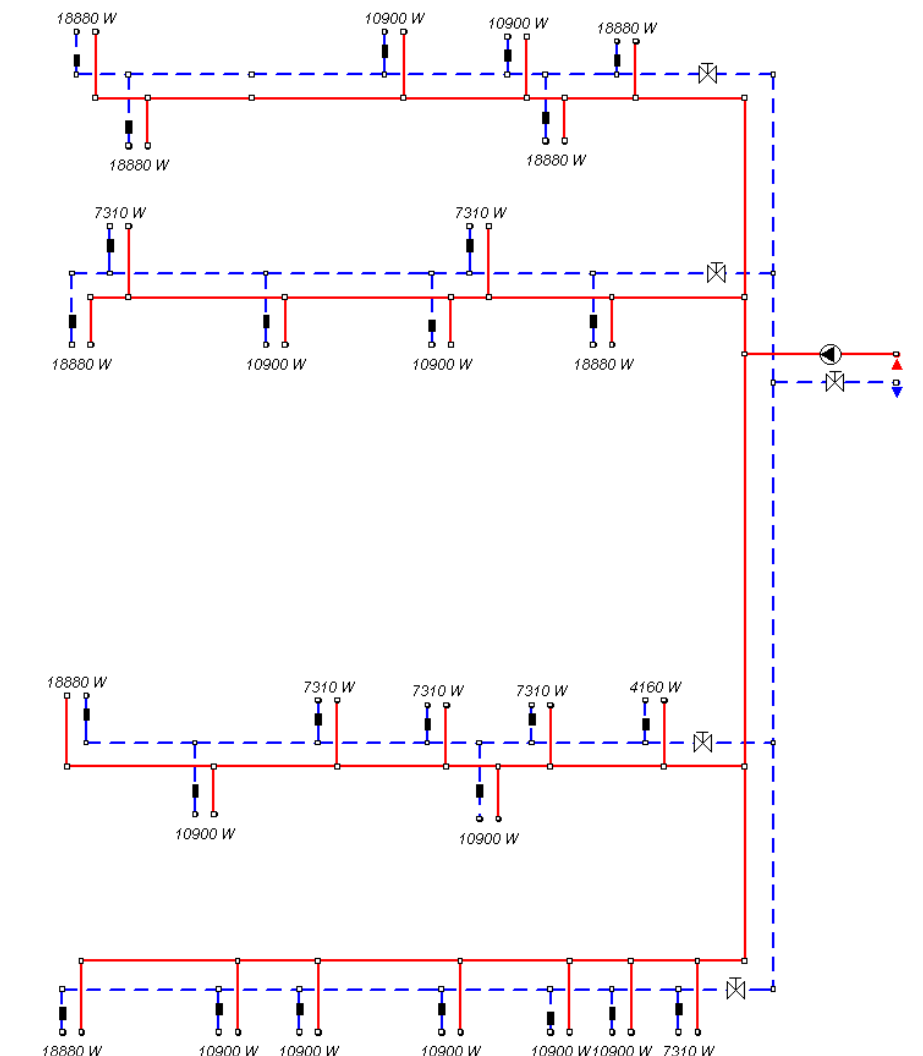


Figura 58. Modelo con válvulas, bomba y unidades terminales



## 3.2 Simulaciones

Una vez realizado el modelo de la instalación, podemos proceder a realizar las simulaciones. Se realizarán en diferentes situaciones de funcionamiento para poder ver el comportamiento de la instalación en varias condiciones.

### 3.2.1 Plena carga

La primera simulación se realizará en la situación de demanda energética máxima en la que la instalación estará funcionando a plena carga, con todas las unidades terminales trabajando a su potencia nominal.

Cuando se ordena hacer los cálculos al programa, aparece una ventana en la que nos informa del progreso.

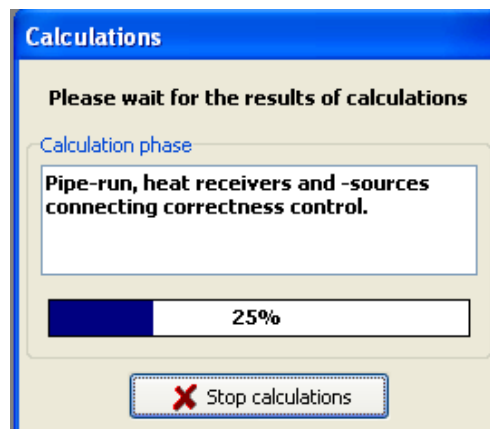


Figura 59. Danfoss realizando los cálculos

Al cabo de unos segundos el programa ya termina de hacer los cálculos y nos aparece la pantalla de resultados genéricos de las tuberías de la instalación. En ella podemos seleccionar, válvulas, tuberías o unidades terminales para ver sus resultados.

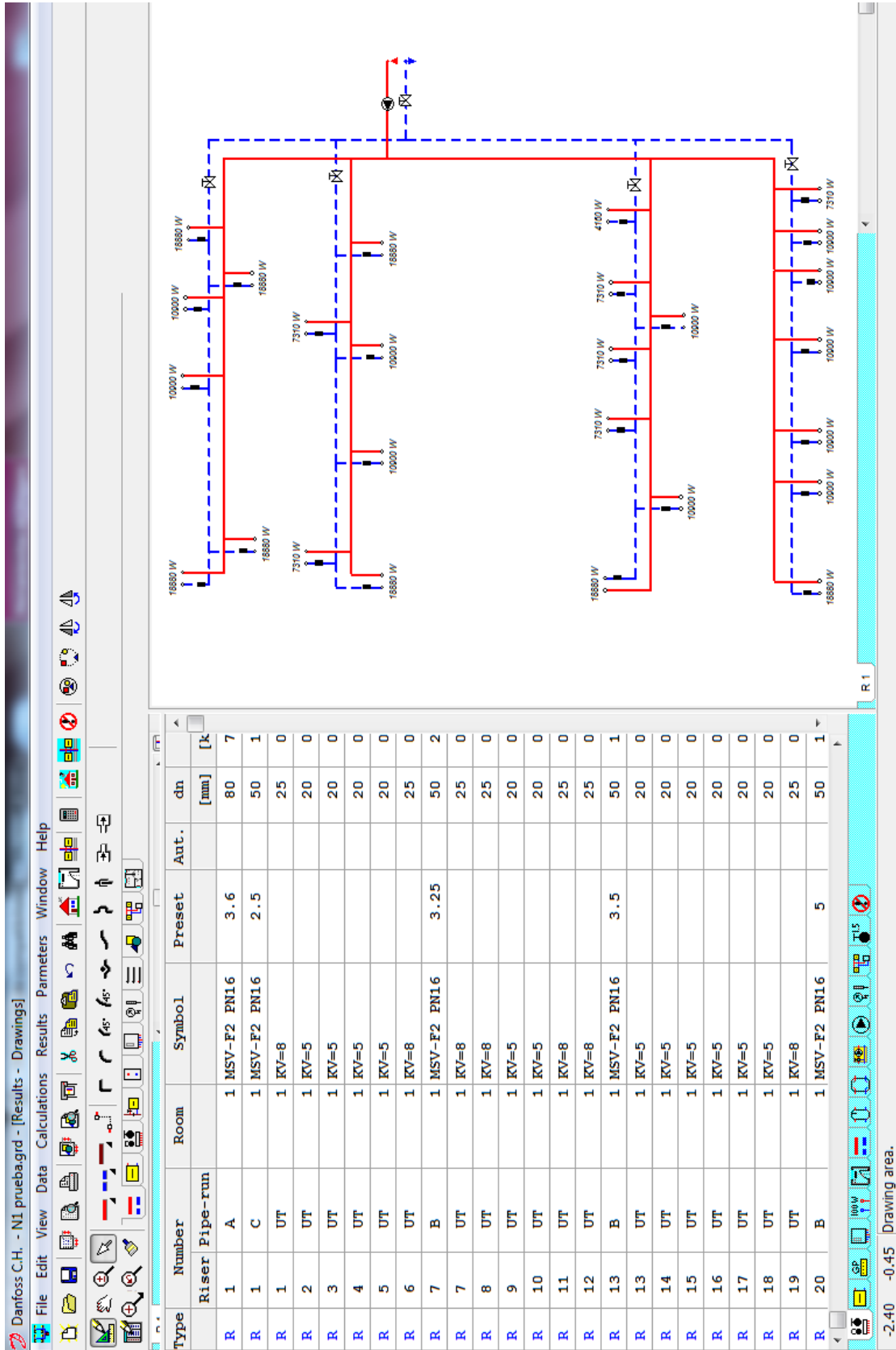


Figura 60. Pantalla de resultados con la selección de válvulas



Sin embargo, para ver los resultados, resulta más práctico hacer clic en la pestaña de resultados e ir seleccionado los resultados de tuberías, circuitos, bombas o cualquier otro que nos interese.

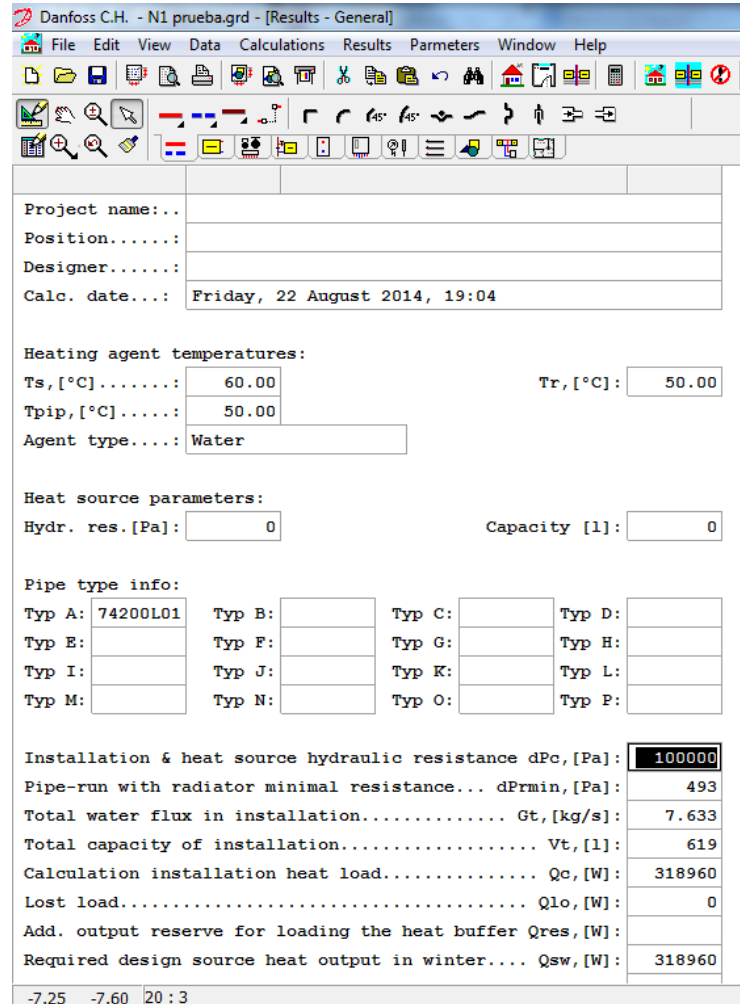


Figura 61. Resultados generales de la instalación a plena carga

Como datos interesantes de la instalación, vemos que la carga térmica en estas condiciones es de unos 319 kW y que el flujo másico de la instalación es de 7,633 kg/s.

En los resultados por tuberías tenemos algunos datos interesantes, como la velocidad de circulación del flujo por la tubería, pérdida de presión por metro, pérdida total de cada una, etc.



Tabla 9. Detalle de resultados por tubería a plena carga

Type	Type	Number		L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[m/s]	[Pa/m]		[Pa]
S	A	1	A	2.72	80	318960	7.633	1.485	315.5	0.0	858
S	A	1	B	2.05	65	171500	4.104	1.098	213.4	3.5	2545
S	A	1	C	7.29	50	74180	1.775	0.794	157.7	1.5	1623
S	A	1	UT	0.12	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.5	463
S	A	2	A	7.05	40	55300	1.323	0.949	300.1	1.0	2566
S	A	2	UT	0.37	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	222
S	A	3	A	0.60	40	47990	1.148	0.824	228.1	0.5	306
S	A	3	UT	0.92	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	692
S	A	4	A	7.16	32	37090	0.888	0.858	298.9	1.0	2509
S	A	4	UT	1.00	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	722
S	A	5	A	6.66	32	26190	0.627	0.606	153.0	0.5	1111
S	A	5	UT	0.37	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	222
S	A	6	A	0.66	32	18880	0.452	0.437	82.0	0.5	102
S	A	6	UT	0.84	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.0	558
S	A	7	A	6.31	65	97320	2.329	0.623	71.4	0.5	547
S	A	7	B	7.37	50	97320	2.329	1.042	266.9	1.0	2511
S	A	7	UT	0.32	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.5	529
S	A	8	A	7.27	50	78440	1.877	0.840	175.7	0.5	1454
S	A	8	UT	0.45	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.5	572
S	A	9	A	0.24	50	59560	1.425	0.638	103.4	0.5	127
S	A	9	UT	1.26	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	818
S	A	10	A	7.21	40	48660	1.164	0.835	234.3	1.0	2038
S	A	10	UT	1.22	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	803
S	A	11	A	4.22	40	37760	0.904	0.648	143.7	0.5	712
S	A	11	B	2.74	32	37760	0.904	0.874	309.4	0.5	1039
S	A	11	UT	0.39	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.5	552

Como dato interesante cabe destacar que las velocidades de circulación son siempre inferiores a 1,5 m/s (y en la mayoría de tuberías inferiores a 1 m/s).

En la pantalla de unidades terminales, podemos ver la potencia disipada por cada intercambiador así como el flujo másico de fluido caloportador que lo atraviesa.



Tabla 10. Resultados de las UT a plena carga

Number		Q	G	ts	dt	dP
Riser	Pipe-run	[W]	[kg/s]	[°C]	[K]	[Pa]
12	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600
10	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100
5	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000
13	UT	4160	0.0996	60.00	10	6100
4	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100
11	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600
20	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000
8	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600
9	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100
6	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600
3	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100
2	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000
1	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600
19	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600
17	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000
16	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000
14	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000
18	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100
15	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100
26	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600
25	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100
24	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100
23	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100
22	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100
21	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100
7	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600

A continuación, se muestran los resultados de la bomba:

Tabla 11. Resultados de la bomba a plena potencia

Number		dP	G	H	V	T	Ro	dP H2O	H H2O
Riser	Pipe-run	Pa	kg/s	m	m3/h	°C	kg/m3	Pa	m
1	A	100000	7.633	10.37	27.96	60.0	983	100000	10.37

Los siguientes resultados son los del ajuste de las válvulas de regulación y la pérdida de carga que producen.

Tabla 12. Resultados del ajuste de las válvulas de regulación

Type	Number		Room	Symbol	Preset	Aut.	dn	G	Kv	dP
	Riser	Pipe-run					[mm]	[kg/s]	[m3/h]	[Pa]
R	1	A	1	MSV-F2 PN16	3.6		80	7.633	38.900	51154
R	1	C	1	MSV-F2 PN16	2.5		50	1.775	21.250	9272
R	7	B	1	MSV-F2 PN16	3.25		50	2.329	29.250	8423
R	13	B	1	MSV-F2 PN16	3.5		50	1.598	31.800	3354
R	20	B	1	MSV-F2 PN16	5		50	1.931	46.200	2321



El dato del  $K_v$  de la válvula resulta útil para las próximas simulaciones, ya que al tratarse de válvulas de equilibrado de ajuste manual, aunque cambien las condiciones de funcionamiento de la instalación, su  $K_v$  seguirá siendo el mismo.

La pantalla de resultados por circuitos no da los resultados de tuberías, válvulas y unidades terminales clasificados por circuitos.

Tabla 13. Resultados del circuito 2 a plena carga

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP		
pipe	pipe	Riser Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[m/s]	[Pa/m]		[Pa]		
<b>Rise 2</b>		<b>Circuit via receiver:</b>				<b>UT</b>						
dPac =		100053 Pa		dPgr =		53 Pa		dH =		1.50 m	Lci =	39.4 m
<b>Overpressure in circuit</b>				<b>dPove = 11017 Pa</b>								
<b>Common supply pipe-runs hydraulic resistance:</b>										<b>5027</b>		
<b>S</b>	<b>A</b>	<b>2</b>	<b>A</b>	<b>7.05</b>	<b>40</b>	<b>55300</b>	<b>1.323</b>	<b>0.949</b>	<b>300.1</b>	<b>1.0</b>	<b>2566</b>	
<b>S</b>	<b>A</b>	<b>2</b>	<b>UT</b>	<b>0.37</b>	<b>20</b>	<b>7310</b>	<b>0.175</b>	<b>0.460</b>	<b>172.2</b>	<b>1.5</b>	<b>222</b>	
<b>Receiver:</b>										<b>11000</b>		
<b>R</b>	<b>A</b>	<b>2</b>	<b>UT</b>	<b>0.19</b>	<b>20</b>	<b>7310</b>	<b>0.175</b>	<b>0.458</b>	<b>174.7</b>	<b>16.5</b>	<b>1764</b>	
<b>R</b>	<b>A</b>	<b>2</b>	<b>B</b>	<b>7.05</b>	<b>40</b>	<b>55300</b>	<b>1.323</b>	<b>0.945</b>	<b>302.1</b>	<b>1.5</b>	<b>2799</b>	
<b>Common return pipe-runs hydraulic resistance:</b>										<b>65657</b>		

Finalmente tenemos el registro de errores detectados en la instalación, que puede ser útil para detectar en que aspectos podemos mejorar la instalación.

- 1) The disposal pressure given 100000 Pa is much larger than the minimal one required by the installation 52988 Pa.
- 2) The overpressure 26932.03 Pa in the circuit through the radiator S/13/UT makes 26.97 % of the active pressure. It can cause the hydraulic disorder of the installation.
- 3) Too high hydraulic resistance of the pipe R/1/A dP=51.92 kPa.

Figura 62. Registro de errores de la instalación a plena carga

### 3.2.2 Tres anillos activos

La siguiente simulación se realizará bajo la hipótesis de que la demanda en uno de los laboratorios sea muy baja o nula. Se modelará de manera que la demanda en el anillo que abastece a uno de los laboratorios es nula, por lo que no circulará fluido por él y lo eliminaremos de la simulación.

Se debe tener en cuenta que en el modelado de la instalación debemos sustituir las válvulas de regulación, ya que el programa ajusta sus  $K_v$  a los valores adecuados para el mejor funcionamiento de la instalación. En su lugar pondremos un  $K_v$  impuesto de valor igual al establecido en la simulación





anterior para que la simulación sea realista, ya que al tratarse de válvulas de ajuste manual su  $K_v$  no variará.

Tabla 14. Valores de  $K_v$  de las válvulas de regulación

Symbol
$KV=38.9$
$KV=29.25$
$KV=31.8$
$KV=46.2$

Se supondrá que el laboratorio de orinas es el que no tiene demanda, de manera que el esquema de la instalación queda:

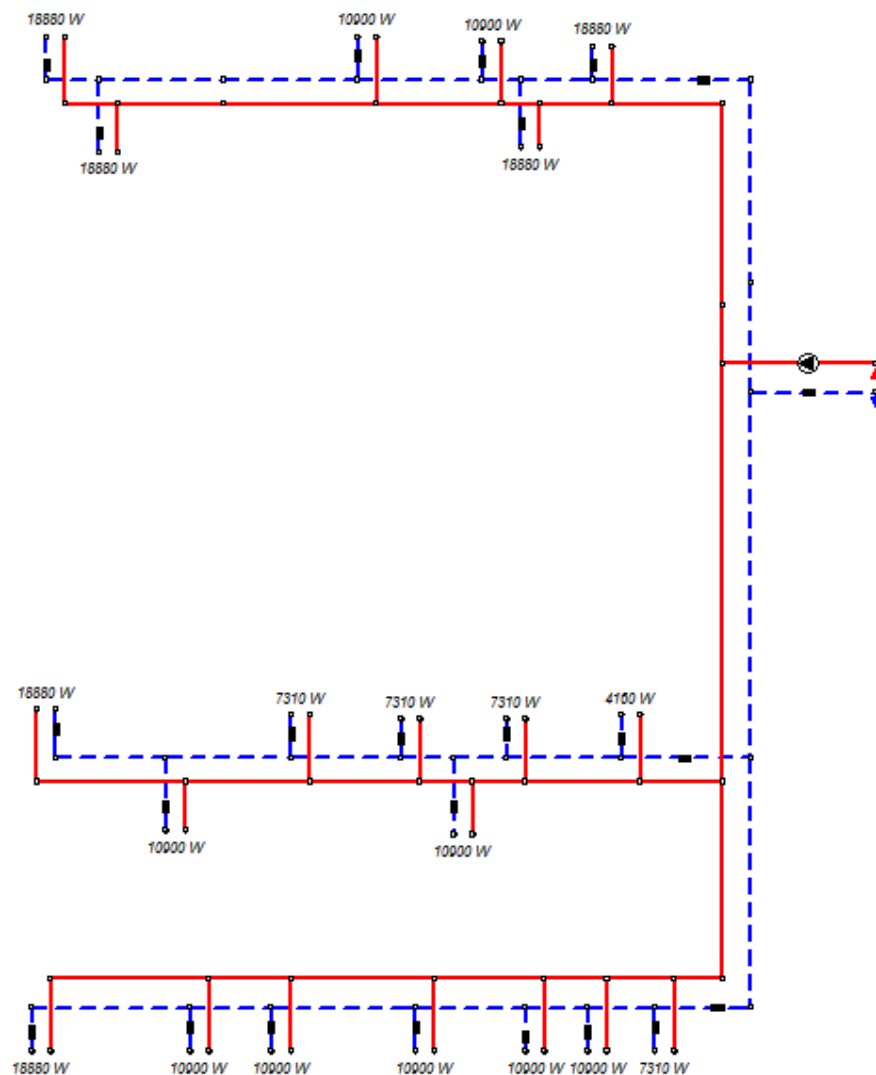


Figura 63. Modelo de la instalación con tres anillos activos



Con el modelo de la instalación preparado, se procede a simular. Los resultados generales son los siguientes:

Project name:..	Análisis del equilibrado de una red		
Position.....:			
Designer.....:			
Calc. date...:	Sunday, 24 August 2014, 18:09		
Heating agent temperatures:			
Ts, [°C].....:	60.00	Tr, [°C]:	50.00
Tpip, [°C].....:	50.00		
Agent type....:	Water		
Heat source parameters:			
Hydr. res. [Pa]:	0	Capacity [l]:	0
Pipe type info:			
Typ A:	74200L01	Typ B:	
Typ C:		Typ D:	
Typ E:		Typ F:	
Typ G:		Typ H:	
Typ I:		Typ J:	
Typ K:		Typ L:	
Typ M:		Typ N:	
Typ O:		Typ P:	
Installation & heat source hydraulic resistance dPc, [Pa]:	100000		
Pipe-run with radiator minimal resistance... dPrmin, [Pa]:	493		
Total water flux in installation..... Gt, [kg/s]:	5.858		
Total capacity of installation..... Vt, [l]:	529		
Calculation installation heat load..... Qc, [W]:	244780		
Lost load..... Qlo, [W]:	0		
Add. output reserve for loading the heat buffer Qres, [W]:			
Required design source heat output in winter.... Qsw, [W]:	244780		

Figura 64. Resultados generales con tres anillos activos

El gasto másico se ha reducido hasta 5,858 kg/s, como consecuencia de que uno de los anillos esté cerrado. También ha disminuido la potencia calorífica, hasta los 245 kW.

- 18)** The overpressure 25923.16 Pa in the circuit through the radiator S/12/UT makes 25.89 % of the active pressure. It can cause the hydraulic disorder of the installation.
- 19)** The overpressure 26454.47 Pa in the circuit through the radiator S/11/UT makes 26.43 % of the active pressure. It can cause the hydraulic disorder of the installation.
- 20)** The overpressure 31163.10 Pa in the circuit through the radiator S/10/UT makes 31.12 % of the active pressure. It can cause the hydraulic disorder of the installation.
- 21)** Too high pressure drop on the accessories KV=38.9 positioned in the pipe-run R/1/A. The pressure drop dP=30.13 kPa can cause the noise generation.

Figura 65. Registro de errores con tres anillos activos



El registro de errores nos advierte que la sobrepresión en varios de los radiadores puede provocar problemas hidráulicos en la instalación. Además nos dice que el salto de presión excesivo en una tubería del circuito 1 (donde está la válvula de regulación) puede provocar ruidos.

El resto de resultados difiere poco con los anteriores, por lo que no serán expuestos aquí.

### 3.2.3 Carga parcial

Esta simulación se hará con los cuatro anillos activos pero en una situación en la que, debido a las condiciones térmicas, algunas de las unidades terminales tengan la válvula cerrada y por tanto no circule caudal por ellas.

En la simulación 11 de las unidades terminales tendrán la válvula cerrada, por lo que estarán funcionando 15. El esquema de la instalación resultante es el siguiente.

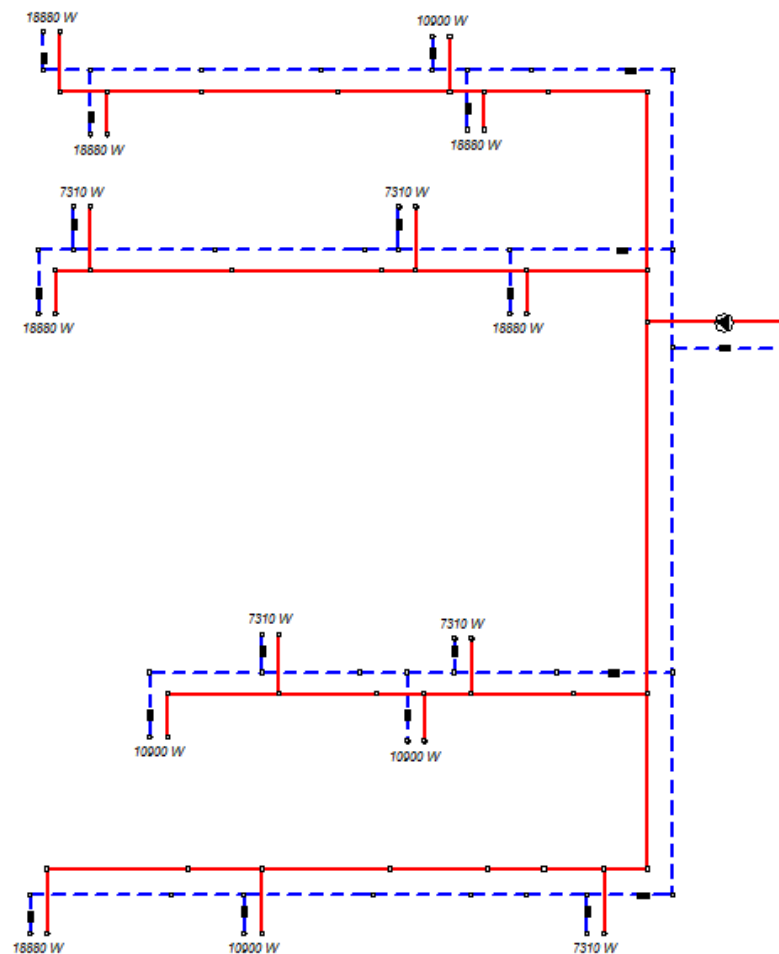




Figura 66. Modelo de la instalación a carga parcial

De las simulaciones obtenemos los siguientes resultados:

Project name:..	Análisis del equilibrado de una red		
Position.....:			
Designer.....:			
Calc. date....:	Sunday, 24 August 2014, 20:12		
Heating agent temperatures:			
Ts, [°C].....:	60.00	Tr, [°C]:	50.00
Tpip, [°C].....:	50.00		
Agent type....:	Water		
Heat source parameters:			
Hydr. res. [Pa]:	0	Capacity [l]:	0
Pipe type info:			
Typ A:	74200L01	Typ B:	
Typ C:		Typ D:	
Typ E:		Typ F:	
Typ G:		Typ H:	
Typ I:		Typ J:	
Typ K:		Typ L:	
Typ M:		Typ N:	
Typ O:		Typ P:	
Installation & heat source hydraulic resistance dPc, [Pa]:	100000		
Pipe-run with radiator minimal resistance... dPrmin, [Pa]:	493		
Total water flux in installation..... Gt, [kg/s]:	4.629		
Total capacity of installation..... Vt, [l]:	610		
Calculation installation heat load..... Qc, [W]:	193430		
Lost load..... Qlo, [W]:	0		
Add. output reserve for loading the heat buffer Qres, [W]:			
Required design source heat output in winter.... Qsw, [W]:	193430		

Figura 67. Resultados generales a carga parcial

En este caso el flujo másico es de 4,629 kg/s y la carga térmica de 194 kW que representa aproximadamente el 60 % de la capacidad calorífica máxima.

- 1) The disposal pressure given 100000 Pa is much larger than the minimal one required by the installation 52895 Pa.
- 2) The overpressure 63429.13 Pa in the circuit through the radiator S/20/UT makes 63.59 % of the active pressure. It can cause the hydraulic disorder of the installation.
- 3) The overpressure 58356.24 Pa in the circuit through the radiator S/24/UT makes 58.50 % of the active pressure. It can cause the hydraulic disorder of the installation.
- 4) The overpressure 54323.44 Pa in the circuit through the radiator S/26/UT makes 54.46 % of the active pressure. It can cause the hydraulic disorder of the installation.
- 5) The overpressure 62163.08 Pa in the circuit through the radiator S/14/UT makes 62.24 % of the active pressure. It can cause the hydraulic disorder of the installation.

Figura 68. Detalle del registro de errores a carga parcial

En el registro de errores de nuevo aparece el aviso de que el circuito podría funcionar a menor presión. También avisa de presiones demasiado elevadas en las unidades terminales.

### 3.2.4 Otros puntos de funcionamiento

Se pueden plantear otras muchas situaciones de funcionamiento de la instalación, como que tuviesen flujo dos anillos, que hubiese muchas unidades terminales con la válvula cerrada, combinaciones de ellas, etc.

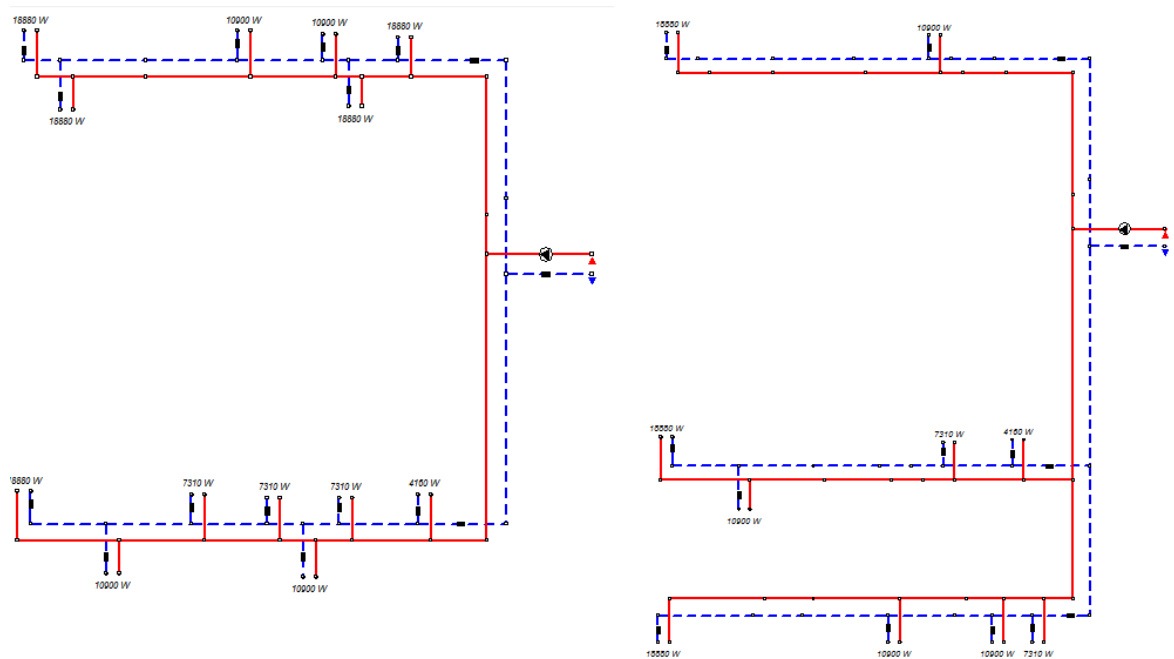


Figura 69. Posibles puntos de funcionamiento

En este tipo de situaciones se agravan los problemas de sobrepresión en las unidades terminales y el programa nos informa de que la instalación podría trabajar con una presión aún más baja.



- 1) The disposal pressure given 100000 Pa is much larger than the minimal one required by the installation 37568 Pa.
- 2) The overpressure 73458.21 Pa in the circuit through the radiator S/20/UT makes 73.64 % of the active pressure. It can cause the hydraulic disorder of the installation.
- 3) The overpressure 72334.00 Pa in the circuit through the radiator S/21/UT makes 72.51 % of the active pressure. It can cause the hydraulic disorder of the installation.
- 4) The overpressure 71289.91 Pa in the circuit through the radiator S/23/UT makes 71.47 % of the active pressure. It can cause the hydraulic disorder of the installation.
- 5) The overpressure 65922.37 Pa in the circuit through the radiator S/26/UT makes 66.08 % of the active pressure. It can cause the hydraulic disorder of the installation.
- 6) The overpressure 80665.81 Pa in the circuit through the radiator S/13/UT makes 80.76 % of the active pressure. It can cause the hydraulic disorder of the installation.

Figura 70. Errores en otros puntos de funcionamiento.

El flujo másico en estas últimas dos situaciones planteadas es de 3,927 y 2,848 kg/s respectivamente.

### 3.3 Análisis de las simulaciones

En este apartado analizaremos los resultados de las simulaciones, calculando las potencias consumidas por la bomba para evaluar los costes de electricidad en apartados posteriores. Se prestará atención a los errores de los que nos avisa el programa, ya que nos proporcionarán una ayuda útil para proponer actuaciones.

#### 3.3.1 Plena carga

La potencia teórica consumida por la bomba se puede calcular según la fórmula:

$$P = \frac{\Delta P \cdot G}{\eta_t \cdot \rho} \quad (\text{Ec. 10})$$

Donde:

$\Delta P$ : incremento de presión, en Pa

G: gasto másico en kg/s

$\eta_t$ : rendimiento total de la bomba

$\rho$ : densidad del fluido en kg/m<sup>3</sup>



Por lo que suponiendo que la bomba esté trabajando en una zona de buen rendimiento y teniendo en cuenta los rendimientos manométricos, volumétricos, mecánicos y eléctricos para obtener un rendimiento global estimando del 50 % tenemos que:

$$P = \frac{100000 \cdot 7,633}{0,5 \cdot 1000} = 1526,6 W \quad (\text{Ec. 11})$$

De los datos de las tuberías, es importante señalar que se cumplen las condiciones de dimensionamiento de tuberías expuestas el principio de este trabajo, que ya no se superan los 400 Pa/m de pérdida de carga en tramos rectos ni la velocidad de flujo es superior a 2 m/s en ningún punto de la instalación.

Llama la atención la alerta en el registro de errores que nos informa de que la presión del circuito es demasiado alta, que se podría trabajar con una menor. Además se ve que en la válvula de regulación de la tubería 1 está ajustada en una posición en la que provoca una enorme caída de carga. Esto provoca un gasto de energía que podríamos reducir y que será una de las modificaciones que se propondrán.

### 3.3.2 Tres anillos activos

En este caso como el caudal bombeado es menor, el variador de frecuencia disminuirá la frecuencia de la corriente que llega al motor para reducir el régimen de giro de la bomba. De nuevo supondremos que el rendimiento es del 50 %, por lo que la potencia absorbida es:

$$P = \frac{100000 \cdot 5,858}{0,5 \cdot 1000} = 1171,6 W \quad (\text{Ec. 12})$$

Respecto al registro de errores hay que tomar en consideración los avisos de presión demasiado alta en muchos de los radiadores, que derivan de la presión diferencial demasiado alta proporcionada por la bomba. Una menor presión diferencial en circuito ayudaría a un mejor funcionamiento.

### 3.3.3 Carga parcial

En este caso la potencia consumida por la bomba es:

$$P = \frac{100000 \cdot 4,629}{0,5 \cdot 1000} = 925,8 W \quad (\text{Ec. 13})$$



En esta situación se agravan las sobrepresiones en las unidades terminales, llegando a valores de más del 50% de la presión activa.

### 3.3.4 Otros puntos de funcionamiento

Las potencias consumidas en estos puntos de funcionamiento son:

$$P = \frac{100000 \cdot 3,927}{0,5 \cdot 1000} = 785,4 \text{ W} \quad (\text{Ec. 14})$$

$$P = \frac{100000 \cdot 2,848}{0,5 \cdot 1000} = 569,6 \text{ W} \quad (\text{Ec. 15})$$

En estos casos los valores de sobrepresión en las unidades terminales llegan al 70% de la presión activa.

## 3.4 Actuaciones

Una vez estudiadas las características y el funcionamiento de la instalación se proponen las siguientes mejoras:

- Creación de un by-pass en cada uno de los anillos.
- Reducir la presión diferencial del circuito.
- Futuras mejoras.

### 3.4.1 Creación de un by-pass en cada uno de los anillos

En las situaciones en las que a la instalación se le demande una cantidad de calor que se aleje de la carga máxima, con muchas unidades terminales con la válvula cerrada, el exceso de presión puede provocar problemas hidráulicos en la instalación. Además, las válvulas están sometidas a un gran esfuerzo en esta situación, y esto puede reducir su vida útil.

Para solucionar estos problemas se propone la creación de un by-pass en cada uno de los anillos con una válvula de descarga modulante (BPV) que mantenga la presión diferencial entre la impulsión y el retorno de cada uno de los anillos en un valor constante.

Los by-pass estarán situados al comienzo de los anillos, en zonas marcadas en verde de la siguiente figura:



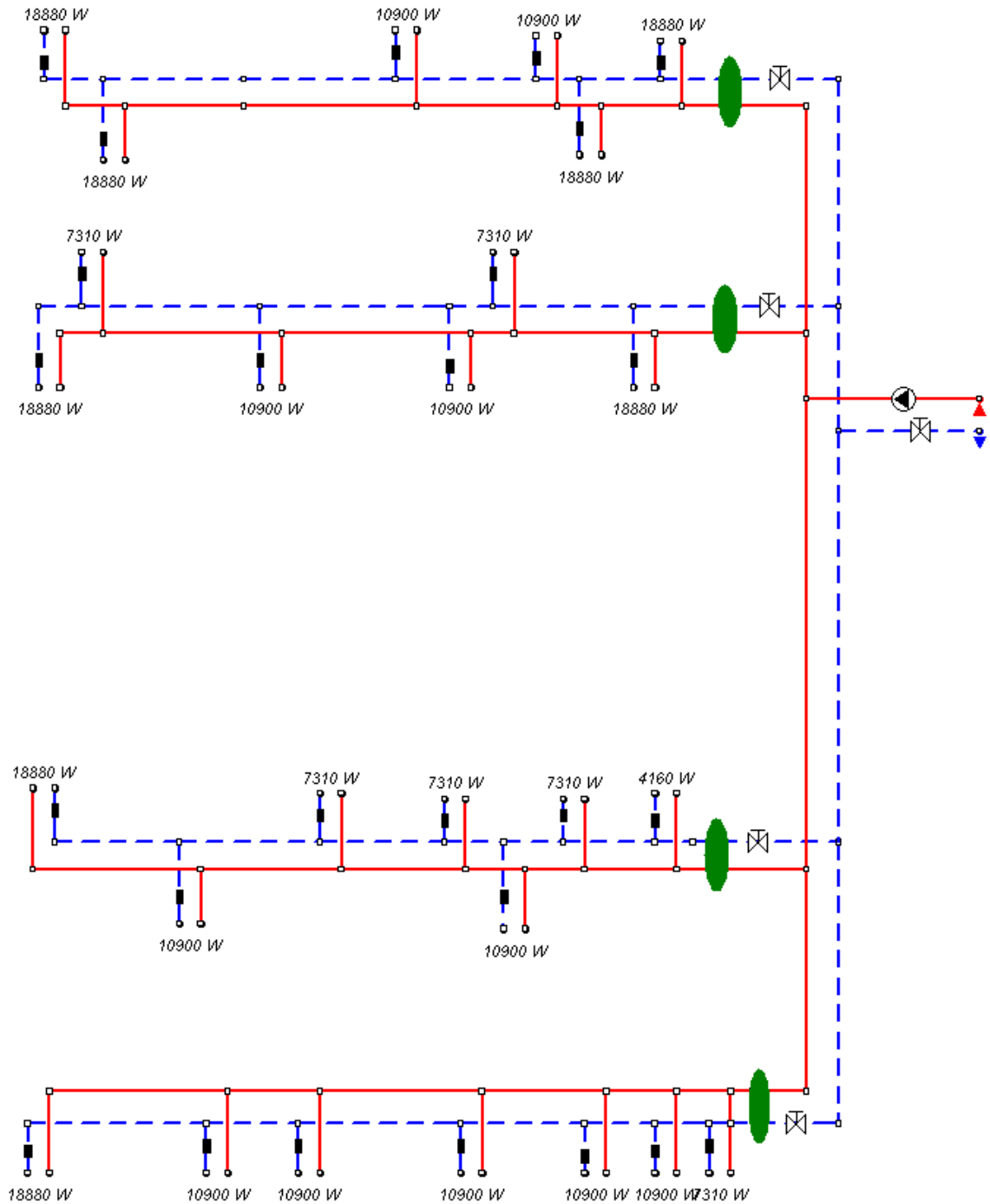


Figura 71. Situación de los by-pass

Estos by-pass con válvula de descarga modulante limitarán los saltos de presión entre la impulsión y el retorno de los anillos .Y harán que la presión diferencial siempre sea aquella con la que el circuito funciona correctamente, evitando sobrepresiones en la unidades terminales independientemente del punto de funcionamiento de la instalación.

Además se prolongará el tiempo de vida útil de las válvulas de las unidades terminales, ya que estas no estarán sometidas a un esfuerzo tan grande cuando se encuentren cerradas.

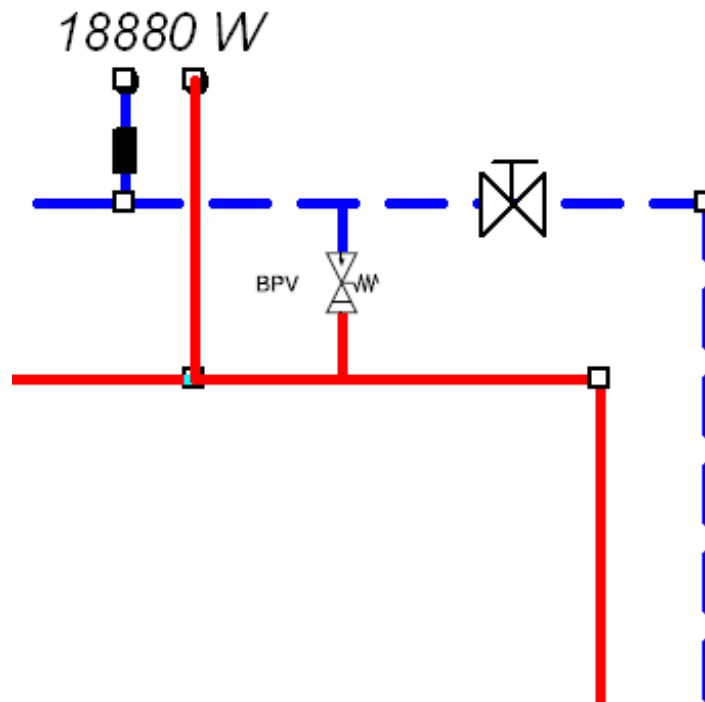


Figura 72. Detalle de la instalación del by-pass

### 3.4.2 Reducción de la presión diferencial del circuito

En la simulaciones del apartado 4.3 se observó que la instalación puede funcionar con una presión diferencial menor a la que está trabajando. Esto conllevará un ahorro de energía por un menor gasto en bombeo.

Además el exceso de presión podía llevar a problemas de funcionamiento por sobrepresión en las unidades terminales en situaciones de carga parcial, por lo que reducir la presión también será beneficioso para el funcionamiento de la red en este tipo de situaciones.

Se propone reducir la presión diferencial del circuito a 64000 Pascales, esta reducción de la presión diferencial en el circuito conllevará el reajuste de las válvulas de equilibrado de la instalación, cuyos nuevos valores de ajuste serán:



Tabla 15. Valores de reajuste de las válvulas

Type	Number	Room	Symbol	Preset	Aut.	dn	G	Kv	dP	Positioning of the item
	Riser	Pipe-run				[mm]	[kg/s]	[m <sup>3</sup> /h]	[Pa]	
R	1	A	1 MSV-F2 PN16	5		80	7.633	71.300	15227	Riser appr. :1 dn 80
R	1	C	1 MSV-F2 PN16	2.5		50	1.775	21.250	9272	On riser ...:1 dn 50
R	7	B	1 MSV-F2 PN16	3.25		50	2.329	29.250	8423	Riser appr. :7 dn 50
R	13	B	1 MSV-F2 PN16	3.5		50	1.598	31.800	3354	On riser ...:13 dn 50
R	20	B	1 MSV-F2 PN16	5		50	1.931	46.200	2321	Riser appr. :20 dn 50

Puede observarse que en esta nueva situación la caída de presión provocada por las válvulas de regulación ya no es tan alta, alcanzando valores razonables.

El cambio de la presión diferencial del circuito también afectará al punto de funcionamiento de la bomba:

Tabla 16. Nuevo punto de funcionamiento de la bomba a plena carga.

Number		dP	G	H	V	T	Ro	dP H2O	H H2O
Riser	Pipe-run	Pa	kg/s	m	m <sup>3</sup> /h	°C	kg/m <sup>3</sup>	Pa	m
1	A	64000	7.633	6.64	27.96	60.0	983	64000	6.64

Este nuevo punto de funcionamiento implicará unos nuevos consumos eléctricos que, suponiendo las mismas situaciones que las simuladas anteriormente y suponiendo que el rendimiento baje un poco (al 45%), serán:

- Plena carga

$$P = \frac{64000 \cdot 7,633}{0,45 \cdot 1000} = 1085,6 W \quad (\text{Ec. 16})$$

- Tres anillos activos

$$P = \frac{64000 \cdot 5,858}{0,45 \cdot 1000} = 833,1 W \quad (\text{Ec. 17})$$

- Carga parcial

$$P = \frac{64000 \cdot 4,629}{0,45 \cdot 1000} = 658,3 W \quad (\text{Ec. 18})$$

- Otros puntos de funcionamiento

$$P = \frac{64000 \cdot 3,927}{0,45 \cdot 1000} = 558,5 W \quad (\text{Ec. 19})$$

$$P = \frac{64000 \cdot 2,848}{0,45 \cdot 1000} = 405 W \quad (\text{Ec. 20})$$

Estos consumos son 28,9 % inferiores a los originales, suponiendo un ahorro energético considerable.

### 3.4.3 Futuras mejoras

Los actuadores que gobiernan las válvulas situadas en el retorno de las unidades terminales son de de apertura todo-nada, lo permite una regulación de la instalación con los controladores IQL. Sin embargo, el control de la instalación sería mucho más efectivo si el control de las válvulas fuese de apertura proporcional, permitiendo ajustar el funcionamiento de la instalación mucho mejor a la demanda.

Se propone usar los actuadores EMO TM de TA Hydronics, cuyas características se exponen en la siguiente figura:

## EMO TM

### Actuador proporcional de alto rendimiento

#### Características técnicas

**Aplicaciones:**

Para control proporcional.

**Tensión de alimentación:**

24V CA +25% / -20%  
Frecuencia 50-60 Hz

**Potencia absorbida:**

Arranque  $\leq 7$  W  
Durante el funcionamiento  $\leq 3$  W  
Intensidad de arranque  $\leq 250$  mA  
Stand-by / Corriente de modalidad en reposo  $\leq 25 / 2$  mA

**Voltaje de control:**

En función de la disposición del cableado, se adapta a la señal de control.

0-10 V / 10-0 V DC

2-10 V / 10-2 V DC

$R_i = 100$  k $\Omega$

**Velocidad de control:**

30 s/mm

**Fuerza de ajuste:**

125 N

**Temperatura:**

Temperatura ambiente máx.: 50°C

Temperatura ambiente mín.: -5°C

Max. temperatura del fluido: 120°C

Temperatura de almacenamiento: -25°C – +70°C



Figura 73. Características del actuador EMO TM de TA Hydronics [15]



Se trata de un actuador termoeléctrico que basa su funcionamiento en la expansión de un aceite térmico que tiene en su interior. Estos actuadores garantizan una alta estanqueidad y una gran presión de cierre.

Otra futura mejora que se puede señalar la sustitución de los equipos configurables IQL por controladores programables de las familias IQ3XCITE, IQ4XX o IQEco. El uso de controladores programables supone una ventaja sobre el los configurables, ya que con ellos podemos programar la estrategia de control adecuada en función de las características de la instalación y de los locales a climatizar, así como posibilidad de zonas horarias, una gestión más amplia y detallada de alarmas, no solo de sensores si no de otros parámetros programables, o permitir una mayor intercomunicación con el resto de la instalación.



Análisis del equilibrado de una red de distribución de agua, en un sistema de climatización de locales





## 5. Estudio económico



Análisis del equilibrado de una red de distribución de agua, en un sistema de climatización de locales







## 5. Estudio económico

El estudio económico se dividirá en las partidas presupuestarias de cada uno de las actuaciones propuestas: el by-pass y la reducción de la presión diferencial. Posteriormente, se calculará el periodo de amortización de las actuaciones.

### 5.1 By-pass

La creación de los by-pass en los anillos conllevará los siguientes gastos de material y de mano de obra.

Tabla 17. Costes materiales de creación del by-pass

Material	Precio unitario	Unidades	Precio total
Válvulas TA-BPV 32-R	172,23 €	4	688,92 €
Tuberías y elementos de conexión	20,53 €	4	82,12 €
<b>Total</b>			<b>771,04 €</b>

Tabla 18. Costes de mano de obra de la creación del by-pass

Profesional	Precio/hora	Horas	Precio total
Oficial 1ª Calefacción/climatización	15,6 €	6	93,6 €
<b>Total</b>			<b>93,6 €</b>

### 5.2 Reducción de la presión diferencial

La disminución de la presión diferencial del circuito implicará un ahorro energético en gasto de bombeo que se estimará a continuación. Por otro lado hay que tener en cuenta que las nuevas condiciones de funcionamiento de la instalación implicará un gasto en reajuste de las válvulas de regulación.

- Ahorro energético en gastos de bombeo

La bomba de la instalación trabaja durante todo el año las 24 horas del día (ya que cuando en verano impulsa agua fría), lo cual hace un total de



8760 horas anuales. Suponiendo que la bomba trabaje, de media, al 70% de la potencia consumida a plena carga:

Tabla 19. Cálculo del ahorro anual en gastos de bombeo

	Potencia	Horas/año	kWh/año	Precio kWh	Coste
<b>Situación original</b>	1068,62 W	8760 h	9361,11 kWh	0,14 €	1310,56 €
<b>Después de la reducción de presión</b>	759,92 W	8760 h	6656,90 kWh	0,14 €	931,97 €
				<b>Ahorro anual</b>	<b>378,59 €</b>

- Coste de la regulación de válvulas

Tabla 20. Costes de la regulación de válvulas

Profesional	Precio/hora	Horas	Precio total
Oficial 1ª Calefacción/climatización	15,6 €	2	31,2 €
		<b>Total</b>	<b>31,2 €</b>

### 5.3 Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto de una inversión es una medida de la rentabilidad absoluta que nos da éste. Consiste en descontar en el momento inicial del mismo todos los flujos de caja futuros para calcular el incremento de valor que proporciona al inversor en términos absolutos, una vez descontada la inversión inicial.

Se puede calcular como:

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=0}^n \left[ \frac{Q_i}{(1+k)^i} \right] \quad (\text{Ec. 21})$$



Donde:

$I_0$ : inversión inicial

$n$ : número de periodos considerados

$k$ : tasa de actualización

$Q_i$ : flujos de caja en el periodo "i"

La inversión inicial es la suma de los costes de las actuaciones, que hacen un total de:

$$I_0 = 895,84 \text{ €}$$

La tasa de actualización se tomará con el índice de precios de consumo (IPC). Como este es variable se tomará la variación anual media del precio de la electricidad en los últimos 10 años, que es de un 5,42%.

$$k = 5,42 \%$$

El flujo de caja es el ahorro que tenemos en electricidad, por lo que su valor será:

$$Q_i = 378,59 \text{ €}$$

Con los datos calculamos el VAN, para los siguientes 10 años:

Tabla 21. Cálculo del VAN

Año	$Q_i$	$(Q_i)/(1+k)^i$	VAN
0			-895,84
1	378,59	359,13	-536,71
2	378,59	340,66	-196,05
3	378,59	323,15	127,09
4	378,59	306,53	433,63
5	378,59	290,77	724,40
6	378,59	275,82	1000,22
7	378,59	261,64	1261,86
8	378,59	248,19	1510,05
9	378,59	235,43	1745,48
10	378,59	223,33	1968,81



Da un VAN positivo a partir del tercer año, por lo que el proyecto es realizable.

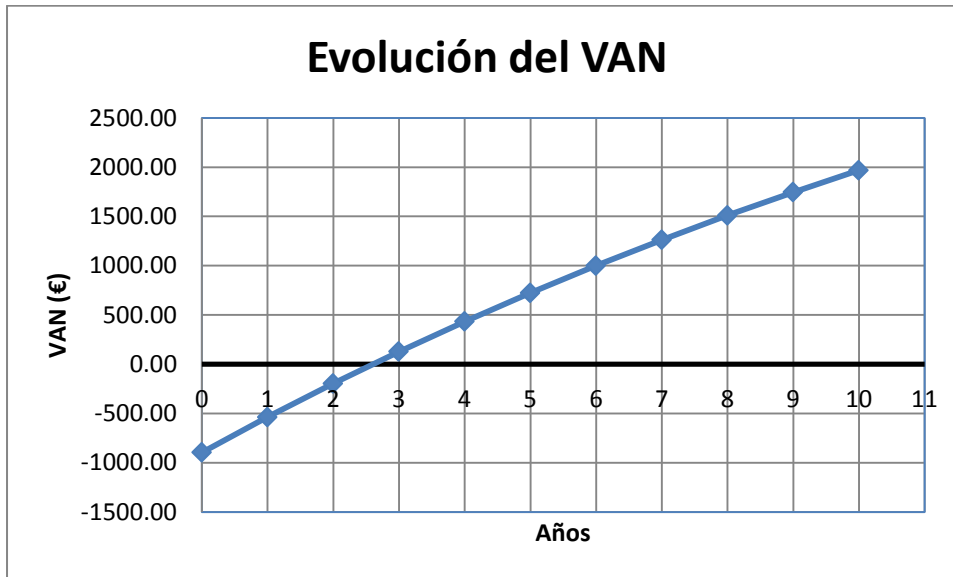


Figura 74. Evolución del VAN

#### 5.4 Pay-Back descontado (PB\*)

El pay-back descontado es un criterio para valorar el tiempo que se tarda en recuperar la inversión inicial y empezar a tener beneficios. Tiene en cuenta la tasa de actualización y los flujos de caja.

$$I_0 = \sum_{i=0}^{PB^*} \left[ \frac{Q_i}{(1+k)^i} \right] \quad (\text{Ec. 22})$$

Donde:

$I_0$ : inversión inicial

$PB^*$ : plazo de recuperación descontado de la inversión

$k$ : tasa de actualización

$Q_i$ : flujos de caja en el periodo "i"

Con el cálculo del VAN ya sabemos que estará entre el segundo y el tercer año. Para calcular exactamente planteamos:

$$895,84 = \frac{378,59}{(1+0,0542)^1} + \frac{378,59}{(1+0,0542)^2} + \frac{378,59*(PB^*-2)}{(1+0,0542)^{PB^*}} \quad (\text{Ec. 23})$$



De lo que obtenemos:

$$PB^* = 2,5938$$

Es decir que el proyecto está amortizado en 2 años y 7 meses. Y a partir del tercer año sólo tenemos beneficios.

### 5.5 Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno es el tipo de interés,  $r$ , que hace que el VAN sea igual a cero.

$$0 = -I_0 + \sum_{i=0}^n \left[ \frac{Q_i}{(1+r)^i} \right] \quad (\text{Ec. 24})$$

Donde:

$I_0$ : inversión inicial

$n$ : número de periodos considerados

$r$ : tasa de actualización

$Q_i$ : flujos de caja en el periodo “ $i$ ”

Considerando de nuevo 10 años, planteamos:

$$0 = -895,84 + \sum_{i=0}^{10} \left[ \frac{378,59}{(1+r)^i} \right] \quad (\text{Ec. 25})$$

Y se consigue como resultado:

$$TIR = r = 40,89 \%$$

Como el TIR (40,89 %) es mayor a la tasa de actualización (5,42 %), el proyecto es realizable y rentable.



Análisis del equilibrado de una red de distribución de agua, en un sistema de climatización de locales





## 6. Conclusiones



## Análisis del equilibrado de una red de distribución de agua, en un sistema de climatización de locales







## 6. Conclusiones

Para finalizar este trabajo, se presentan una serie de conclusiones, que son expuestas a continuación:

Una vez contextualizado el trabajo se examinaron los conceptos más importantes del equilibrado hidráulico y se investigó sobre los métodos y equipos que se usan en él. Con ello se consigue la visión general para afrontar el resto del trabajo.

Con el estudio de los componentes que conforman la instalación de climatización objeto del trabajo, así como su disposición y las características técnicas de los mismos se establecieron las características técnicas de la instalación. También se estudiaron los componentes y sistemas de control que gobiernan el funcionamiento de la instalación.

Posteriormente se estudió el funcionamiento de la instalación y la compartimentación de los laboratorios que climatiza para poder comprender las diferentes situaciones de trabajo a las que pueda estar sometida.

Con el modelado de la instalación en un programa de simulación específico se pudieron simular diferentes condiciones de funcionamiento y con estas simulaciones, se recopilaban los datos necesarios para detectar posibles problemas de funcionamiento.

A través del análisis de las simulaciones, se descubren algunas deficiencias de funcionamiento, entre ellas, que la instalación trabajaba a una presión diferencial superior a la necesaria y problemas de sobrepresión en las unidades terminales cuando la demanda es baja. Era conveniente encontrar soluciones a estos defectos de funcionamiento

Las modificaciones propuestas para optimizar el funcionamiento de la instalación son la creación de varios by-pass en la red, para aliviar presión cuando la demanda es baja y la reducción de la presión de trabajo de la instalación.

Estos cambios en la red suponen un mejor comportamiento de la instalación y menores esfuerzos soportados por sus componentes, lo cual colaborará en alargar su vida útil. Además supone un ahorro energético del 28,9 %. Unido al ahorro energético, obtendremos un ahorro económico, al consumir menos electricidad para accionar las bombas.



Sin ser objeto de estudio de este trabajo, se proponen algunas futuras modificaciones en la instalación, como la implementación de actuadores de control proporcional en las válvulas de las unidades terminales y la sustitución de los controladores configurables por controladores programables; con la finalidad de seguir mejorando el funcionamiento de la instalación y mejorar la eficiencia de climatización, proporcionando un mayor confort a los ocupantes de los locales climatizados.

Finalmente, también cabe indicar que con acciones similares a las propuestas para la red estudiada, podría mejorarse el funcionamiento de otras instalaciones del hospital, siendo necesario un estudio previo de cada red.



## 7. Bibliografía



## Análisis del equilibrado de una red de distribución de agua, en un sistema de climatización de locales





## 7. Bibliografía

- [1] Pérez-Lombard L., Ortiz J., Pout C., “A review on buildings Energy consumption information”, Energy and Buildings (40). 2008.
- [2] Ministerio de Vivienda de España, “Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo: Código Técnico de la Edificación: Parte 1”. 2006.
- [3] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y Ministerio de Vivienda de España, “Real Decreto 1027/2007: Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios”.
- [4] Rey Martínez, F.J., San José Alonso, J.F., Velasco Gómez, E., Álvarez-Guerra Plasencia, M.A., “Recuperación de energía en sistemas de climatización. Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación, DITE 8.01”. Edición a cargo de ATECYR. Editorial: El Instalador. ISBN: 84-921270-5-8. 2000.
- [5] “Manual para el diseño de una red hidráulica de climatización”, tema 9: Equilibrado hidráulico.
- [6] Petitjean R., “Equilibrado de los sistemas de distribución”. Editado por el Departamento de Documentación Técnica de Tour & Andersson AB. Suecia 2000.
- [7] Petitjean R., “Equilibrado de los bucles de Control”. Editado por el Departamento de Documentación Técnica de Tour & Andersson AB. Suecia 1999.
- [8] Vicente Quiles, P.G., “Documentos técnicos de instalaciones en la edificación, DTIE 4.02: Circuitos hidráulicos y selección de Bombas”. Editorial: ATECYR. ISBN: 978-84-95010-39-1. Madrid 2011
- [9] Hospital Universitario Río Hortega (SACYL), fecha de consulta: 23/07/2014, URL: <http://www.saludcastillayleon.es/HRHortega/es>
- [10] SpiraxSarco fecha de consulta: 05/08/2014, URL: <http://www.spiraxsarco.com/es/>
- [11] Sedical, fecha de consulta 05/08/2014, URL: <http://www.sedical.com/>
- [12] TA Hydronics, fecha de consulta 23/08/2014, URL: Danfoss, fecha de consulta 13/08/2014, URL: <http://www.tahydronics.com/es/>
- [13] Schneider electric fecha de consulta: 08/08/2014, URL: <http://www.schneider-electric.com/site/home/index.cfm/es/>
- [14] Danfoss, fecha de consulta 13/08/2014, URL: <http://www.danfoss.com/spain>



Análisis del equilibrado de una red de distribución de agua, en un sistema de climatización de locales



[15] TREND CONTROLS, fecha de consulta 26/07/2014, URL:  
<http://www.trend-controls.com>



## Anexos

### Anexo 1. Resultados de Danfoss C.H. 3.8



Análisis del equilibrado de una red de distribución de agua, en un sistema de climatización de locales







# Índice del anexo 1

Plena Carga.....	113
Tres anillos.....	124
Carga parcial.....	133
Reducción de presión.....	140



Análisis del equilibrado de una red de distribución de agua, en un sistema de climatización de locales



Results - General

Project name:..	Análisis del equilibrado de una red
Position.....:	
Designer.....:	
Calc. date....:	Tuesday, 26 August 2014, 23:40

Heating agent temperatures:

Ts, [°C].....:	60.00	Tr, [°C]:	50.00
Tpip, [°C].....:	50.00		
Agent type.....:	Water		

Heat source parameters:

Hydr. res. [Pa]:	0	Capacity [l]:	0
------------------	---	---------------	---

Pipe type info:

Typ A:	74200L01	Typ B:		Typ C:		Typ D:	
Typ E:		Typ F:		Typ G:		Typ H:	
Typ I:		Typ J:		Typ K:		Typ L:	
Typ M:		Typ N:		Typ O:		Typ P:	

Installation & heat source hydraulic resistance dPc, [Pa]:	100000
Pipe-run with radiator minimal resistance... dPrmin, [Pa]:	493
Total water flux in installation..... Gt, [kg/s]:	7.633
Total capacity of installation..... Vt, [l]:	619
Calculation installation heat load..... Qc, [W]:	318960
Lost load..... Qlo, [W]:	0
Add. output reserve for loading the heat buffer Qres, [W]:	
Required design source heat output in winter.... Qsw, [W]:	318960
Required design source heat output in summer.... Qss, [W]:	

Heated rooms:

Overheating...:	0	Overload [W]:	0
Underheating..:	0	Load deficit [W]:	0
Radiat.load [W]:	0	Gains from pipes [W]:	0

Underheated rooms:

Radiat.load [W]:	0	Gains from pipes [W]:	0
------------------	---	-----------------------	---

Radiators:

Overheating...:	0	Overload [W]:	0
Underheating..:	0	Load deficit [W]:	0
Calc. load [W]:	0	Real load [W]:	0

Results - Other receivers

Number		Q	G	ts	dt	dP	V	Info
Riser Pipe-run		[W]	[kg/s]	[°C]	[K]	[Pa]	[l]	
12	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	
10	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
5	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000	0	
13	UT	4160	0.0996	60.00	10	6100	0	
4	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
11	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	
20	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000	0	
8	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	
9	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
6	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	
3	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
2	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000	0	
1	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	
19	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	
17	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000	0	
16	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000	0	
14	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000	0	
18	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
15	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
26	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	
25	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
24	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
23	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
22	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
21	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
7	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	

Results - Pumps

Number		dP	G	H	V	T	Ro	dP H2O	H H2O
Riser Pipe-run		Pa	kg/s	m	m3/h	°C	kg/m3	Pa	m
1	A	100000	7.633	10.37	27.96	60.0	983	100000	10.37

Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP					
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]					
Rise 1		Circuit via receiver:				UT									
dPac =		100009 Pa		dPgr =		9 Pa		dH =		0.25 m		Lci =		25.2 m	
Overpressure in circuit				dPove = 14638 Pa											
S	A	1	A	2.72	80	318960	7.633	1.485	315.5	0.0	858				
S	A	1	B	2.05	65	171500	4.104	1.098	213.4	3.5	2545				
S	A	1	C	7.29	50	74180	1.775	0.794	157.7	1.5	1623				
S	A	1	UT	0.12	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.5	463				
Receiver:											9600				
R	A	1	UT	0.32	25	18880	0.452	0.748	330.9	16.1	4624				
R	A	1	C	7.74	50	74180	1.775	0.791	159.0	30.7	10815				
				MSV-F2 PN16		preset 2.5		dn 50 mm							
				Kv = 21.250 m3/h											
R	A	1	B	2.50	65	171500	4.104	1.092	214.5	4.0	2922				
R	A	1	A	2.42	80	318960	7.633	1.478	316.5	46.8	51920				
				MSV-F2 PN16		preset 3.6		dn 80 mm							
				Kv = 38.900 m3/h											

Rise 2		Circuit via receiver:				UT									
dPac =		100053 Pa		dPgr =		53 Pa		dH =		1.50 m		Lci =		39.4 m	
Overpressure in circuit				dPove = 11017 Pa											
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:											5027				
S	A	2	A	7.05	40	55300	1.323	0.949	300.1	1.0	2566				
S	A	2	UT	0.37	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	222				
Receiver:											11000				
R	A	2	UT	0.19	20	7310	0.175	0.458	174.7	16.5	1764				
R	A	2	B	7.05	40	55300	1.323	0.945	302.1	1.5	2799				
Common return pipe-runs hydraulic resistance:											65657				

Rise 3		Circuit via receiver:				UT									
dPac =		100009 Pa		dPgr =		9 Pa		dH =		0.25 m		Lci =		42.1 m	
Overpressure in circuit				dPove = 9289 Pa											
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:											7593				
S	A	3	A	0.60	40	47990	1.148	0.824	228.1	0.5	306				
S	A	3	UT	0.92	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	692				
Receiver:											9100				
R	A	3	UT	1.12	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4266				
R	A	3	B	0.60	40	47990	1.148	0.820	229.9	0.5	306				
Common return pipe-runs hydraulic resistance:											68456				

Rise 4		Circuit via receiver:				UT									
dPac =		100009 Pa		dPgr =		9 Pa		dH =		0.25 m		Lci =		56.5 m	
Overpressure in circuit				dPove = 4018 Pa											
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:											7900				
S	A	4	A	7.16	32	37090	0.888	0.858	298.9	1.0	2509				

Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP	
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	
S	A	4	UT	1.00	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	722
Receiver:										9100	
R	A	4	UT	1.20	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4296
R	A	4	A	7.16	32	37090	0.888	0.854	301.1	1.5	2703
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										68762	

Rise 5		Circuit via receiver:				UT					
dPac = 100053 Pa		dPgr = 53 Pa		dH = 1.50 m			Lci = 68.2 m				
Overpressure in circuit				dPove = 2961 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										10408	
S	A	5	A	6.66	32	26190	0.627	0.606	153.0	0.5	1111
S	A	5	UT	0.37	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	222
Receiver:										11000	
R	A	5	UT	0.19	20	7310	0.175	0.458	174.7	16.5	1764
R	A	5	A	6.66	32	26190	0.627	0.603	154.6	0.5	1121
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										71465	

Rise 6		Circuit via receiver:				UT					
dPac = 100009 Pa		dPgr = 9 Pa		dH = 0.25 m			Lci = 70.9 m				
Overpressure in circuit				dPove = 538 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										11519	
S	A	6	A	0.66	32	18880	0.452	0.437	82.0	0.5	102
S	A	6	UT	0.84	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.0	558
Receiver:										9600	
R	A	6	UT	1.04	25	18880	0.452	0.748	330.9	16.6	5002
R	A	6	A	0.68	32	18880	0.452	0.435	83.2	0.5	104
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										72586	

Rise 7		Circuit via receiver:				UT					
dPac = 100121 Pa		dPgr = 121 Pa		dH = 3.45 m			Lci = 38.0 m				
Overpressure in circuit				dPove = 12248 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										3403	
S	A	7	A	6.31	65	97320	2.329	0.623	71.4	0.5	547
S	A	7	B	7.37	50	97320	2.329	1.042	266.9	1.0	2511
S	A	7	UT	0.32	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.5	529
Receiver:										9600	
R	A	7	UT	0.12	25	18880	0.452	0.748	330.9	16.1	4557
R	A	7	B	7.83	50	97320	2.329	1.037	268.5	17.2	11332
				MSV-F2 PN16		preset 3.25		dn 50 mm			
				Kv = 29.250 m3/h							
R	A	7	A	6.31	65	97320	2.329	0.620	72.1	0.5	551
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										54842	

Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP		
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]		
Rise 8		Circuit via receiver:				UT						
dPac =		100084 Pa		dPgr =		84 Pa		dH =		2.40 m	Lci =	53.2 m
Overpressure in circuit				dPove = 9061 Pa								
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										6461		
S	A	8	A	7.27	50	78440	1.877	0.840	175.7	0.5	1454	
S	A	8	UT	0.45	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.5	572	
				Receiver:							9600	
R	A	8	UT	0.70	25	18880	0.452	0.748	330.9	16.1	4749	
R	A	8	A	7.27	50	78440	1.877	0.836	177.0	0.5	1462	
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										66725		

Rise 9		Circuit via receiver:				UT						
dPac =		100123 Pa		dPgr =		123 Pa		dH =		3.50 m	Lci =	54.9 m
Overpressure in circuit				dPove = 9602 Pa								
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										7915		
S	A	9	A	0.24	50	59560	1.425	0.638	103.4	0.5	127	
S	A	9	UT	1.26	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	818	
				Receiver:							9100	
R	A	9	UT	1.06	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4244	
R	A	9	A	0.29	50	59560	1.425	0.635	104.4	0.5	131	
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										68187		

Rise 10		Circuit via receiver:				UT						
dPac =		100124 Pa		dPgr =		124 Pa		dH =		3.55 m	Lci =	68.6 m
Overpressure in circuit				dPove = 5595 Pa								
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										8042		
S	A	10	A	7.21	40	48660	1.164	0.835	234.3	1.0	2038	
S	A	10	UT	1.22	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	803	
				Receiver:							9100	
R	A	10	UT	0.45	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4016	
R	A	10	A	7.18	40	48660	1.164	0.831	236.1	1.5	2213	
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										68318		

Rise 11		Circuit via receiver:				UT						
dPac =		100082 Pa		dPgr =		82 Pa		dH =		2.35 m	Lci =	81.9 m
Overpressure in circuit				dPove = 886 Pa								
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										10080		
S	A	11	A	4.22	40	37760	0.904	0.648	143.7	0.5	712	
S	A	11	B	2.74	32	37760	0.904	0.874	309.4	0.5	1039	
S	A	11	UT	0.39	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.5	552	
				Receiver:							9600	
R	A	11	UT	0.59	25	18880	0.452	0.748	330.9	16.1	4713	
R	A	11	B	2.89	32	37760	0.904	0.870	311.7	1.0	1279	
R	A	11	A	4.05	40	37760	0.904	0.645	145.2	0.5	692	



Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[Pa/m]		[Pa]
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										70531

Rise 12			Circuit via receiver:					UT			
dPac = 100124 Pa			dPgr = 124 Pa			dH = 3.55 m			Lci = 83.9 m		
Overpressure in circuit					dPove = 355 Pa						
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										11830	
S	A	12	A	0.41	32	18880	0.452	0.437	82.0	0.5	81
S	A	12	UT	1.22	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.0	683
				Receiver:							9600
R	A	12	UT	1.02	25	18880	0.452	0.748	330.9	16.6	4995
R	A	12	A	0.38	32	18880	0.452	0.435	83.2	0.5	79
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										72502	

Rise 13			Circuit via receiver:					UT			
dPac = 99877 Pa			dPgr = -123 Pa			dH = -3.50 m			Lci = 45.6 m		
Overpressure in circuit					dPove = 26932 Pa						
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										858	
S	A	13	A	16.57	65	147460	3.529	0.944	159.1	3.5	4195
S	A	13	B	3.08	50	66770	1.598	0.715	128.8	1.5	780
S	A	13	UT	0.65	20	4160	0.100	0.262	59.8	1.5	90
				Receiver:							6100
R	A	13	UT	0.46	20	4160	0.100	0.260	61.1	16.5	589
R	A	13	B	3.53	50	66770	1.598	0.712	129.9	14.2	4066
				MSV-F2 PN16 preset 3.5 dn 50 mm							
				Kv = 31.800 m3/h							
R	A	13	A	16.13	65	147460	3.529	0.939	160.1	4.0	4347
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										51920	

Rise 14			Circuit via receiver:					UT			
dPac = 99876 Pa			dPgr = -124 Pa			dH = -3.55 m			Lci = 54.9 m		
Overpressure in circuit					dPove = 15633 Pa						
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										5833	
S	A	14	A	4.64	40	62610	1.498	1.075	381.9	1.0	2350
S	A	14	UT	0.67	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	274
				Receiver:							11000
R	A	14	UT	0.47	20	7310	0.175	0.458	174.7	16.5	1813
R	A	14	A	4.64	40	62610	1.498	1.069	384.1	1.5	2640
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										60333	

Rise 15			Circuit via receiver:					UT			
dPac = 99833 Pa			dPgr = -167 Pa			dH = -4.75 m			Lci = 62.5 m		
Overpressure in circuit					dPove = 12240 Pa						
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										8183	
S	A	15	A	4.02	40	55300	1.323	0.949	300.1	0.5	1432

Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP	
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[Pa/m]		[Pa]	
S	A	15	UT	0.26	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	449
Receiver:										9100	
R	A	15	UT	0.46	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4020
R	A	15	A	4.02	40	55300	1.323	0.945	302.1	0.5	1437
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										62973	

Rise 16		Circuit via receiver:				UT					
dPac =	99876 Pa	dPgr =	-124 Pa	dH =	-3.55 m	Lci =	69.3 m				
Overpressure in circuit		dPove = 11224 Pa									
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										9614	
S	A	16	A	3.20	40	44400	1.063	0.762	196.3	0.5	773
S	A	16	UT	0.64	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	269
Receiver:										11000	
R	A	16	UT	0.44	20	7310	0.175	0.458	174.7	16.5	1808
R	A	16	A	3.20	40	44400	1.063	0.758	198.0	0.5	777
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										64410	

Rise 17		Circuit via receiver:				UT					
dPac =	99877 Pa	dPgr =	-123 Pa	dH =	-3.50 m	Lci =	83.5 m				
Overpressure in circuit		dPove = 6020 Pa									
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										10388	
S	A	17	A	7.21	32	37090	0.888	0.858	298.9	1.0	2524
S	A	17	UT	0.53	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	250
Receiver:										11000	
R	A	17	UT	0.34	20	7310	0.175	0.458	174.7	16.5	1790
R	A	17	A	7.21	32	37090	0.888	0.854	301.1	1.5	2719
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										65187	

Rise 18		Circuit via receiver:				UT					
dPac =	99835 Pa	dPgr =	-165 Pa	dH =	-4.70 m	Lci =	91.6 m				
Overpressure in circuit		dPove = 3592 Pa									
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										12911	
S	A	18	A	4.12	32	29780	0.713	0.689	195.7	0.5	925
S	A	18	UT	0.26	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	449
Receiver:										9100	
R	A	18	UT	0.46	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4020
R	A	18	A	4.12	32	29780	0.713	0.686	197.6	0.5	932
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										67906	

Rise 19		Circuit via receiver:				UT					
dPac =	99879 Pa	dPgr =	-121 Pa	dH =	-3.45 m	Lci =	97.3 m				
Overpressure in circuit		dPove = 256 Pa									
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										13836	
S	A	19	A	3.12	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.0	1306

Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP	
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	
S	A	19	UT	0.36	25	18880	0.452	0.752	328.0	0.5	259
Receiver:										9600	
R	A	19	UT	0.16	25	18880	0.452	0.748	330.9	15.6	4431
R	A	19	A	2.82	25	18880	0.452	0.748	330.9	1.5	1353
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										68838	

Rise 20		Circuit via receiver:				UT									
dPac =		99755 Pa		dPgr =		-245 Pa		dH =		-7.00 m		Lci =		58.5 m	
Overpressure in circuit				dPove =								18096 Pa			
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										5053					
S	A	20	A	5.85	50	80690	1.931	0.864	185.6	1.0	1459				
S	A	20	B	3.39	50	80690	1.931	0.864	185.6	0.5	816				
S	A	20	UT	0.76	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	289				
Receiver:										11000					
R	A	20	UT	0.56	20	7310	0.175	0.458	174.7	16.5	1829				
R	A	20	B	3.83	50	80690	1.931	0.860	187.0	6.8	3222				
				MSV-F2 PN16		preset		5		dn		50 mm			
				Kv = 46.200 m3/h											
R	A	20	A	6.25	50	80690	1.931	0.860	187.0	1.5	1723				
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										56267					

Rise 21		Circuit via receiver:				UT									
dPac =		99755 Pa		dPgr =		-245 Pa		dH =		-7.00 m		Lci =		67.0 m	
Overpressure in circuit				dPove =								15844 Pa			
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										7328					
S	A	21	A	4.34	50	73380	1.756	0.786	154.5	0.5	825				
S	A	21	UT	0.65	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	593				
Receiver:										9100					
R	A	21	UT	0.45	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4016				
R	A	21	A	4.39	50	73380	1.756	0.782	155.7	0.5	837				
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										61212					

Rise 22		Circuit via receiver:				UT									
dPac =		99755 Pa		dPgr =		-245 Pa		dH =		-7.00 m		Lci =		75.1 m	
Overpressure in circuit				dPove =								14694 Pa			
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										8153					
S	A	22	A	4.07	50	62480	1.495	0.669	113.3	0.5	573				
S	A	22	UT	0.65	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	593				
Receiver:										9100					
R	A	22	UT	0.45	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4016				
R	A	22	A	4.07	50	62480	1.495	0.666	114.4	0.5	577				
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										62048					

Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP		
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[m/s]	[Pa/m]		[Pa]		
Rise 23		Circuit via receiver:				UT						
dPac =		99755 Pa		dPgr =		-245 Pa		dH =		-7.00 m	Lci =	81.4 m
Overpressure in circuit				dPove = 12083 Pa								
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										8726		
S	A	23	A	3.11	40	51580	1.234	0.885	262.2	1.0	1207	
S	A	23	UT	0.65	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	593	
				Receiver:							9100	
R	A	23	UT	0.45	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4016	
R	A	23	A	3.11	40	51580	1.234	0.881	264.1	1.5	1403	
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										62625		

Rise 24		Circuit via receiver:				UT						
dPac =		99755 Pa		dPgr =		-245 Pa		dH =		-7.00 m	Lci =	95.8 m
Overpressure in circuit				dPove = 5803 Pa								
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										9934		
S	A	24	A	7.22	32	40680	0.974	0.941	357.5	1.0	3024	
S	A	24	UT	0.65	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	593	
				Receiver:							9100	
R	A	24	UT	0.45	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4016	
R	A	24	A	7.22	32	40680	0.974	0.937	359.9	1.5	3256	
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										64029		

Rise 25		Circuit via receiver:				UT						
dPac =		99755 Pa		dPgr =		-245 Pa		dH =		-7.00 m	Lci =	103.9 m
Overpressure in circuit				dPove = 3974 Pa								
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										12958		
S	A	25	A	4.05	32	29780	0.713	0.689	195.7	0.5	911	
S	A	25	UT	0.65	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	593	
				Receiver:							9100	
R	A	25	UT	0.45	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4016	
R	A	25	A	4.05	32	29780	0.713	0.686	197.6	0.5	918	
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										67285		

Rise 26		Circuit via receiver:				UT						
dPac =		99755 Pa		dPgr =		-245 Pa		dH =		-7.00 m	Lci =	110.2 m
Overpressure in circuit				dPove = 423 Pa								
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										13869		
S	A	26	A	3.37	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.0	1388	
S	A	26	UT	0.46	25	18880	0.452	0.752	328.0	0.5	292	
				Receiver:							9600	
R	A	26	UT	0.26	25	18880	0.452	0.748	330.9	15.6	4464	
R	A	26	A	3.31	25	18880	0.452	0.748	330.9	1.5	1515	
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										68203		

Results - Preset values

Type	Number	Room	Symbol	Preset	Aut.	dn	G	Kv	dP	
Riser Pipe-run						[mm]	[kg/s]	[m3/h]	[Pa]	
R	1	A	1	MSV-F2 PN16	3.6		80	7.633	38.900	51154
R	1	C	1	MSV-F2 PN16	2.5		50	1.775	21.250	9272
R	7	B	1	MSV-F2 PN16	3.25		50	2.329	29.250	8423
R	13	B	1	MSV-F2 PN16	3.5		50	1.598	31.800	3354
R	20	B	1	MSV-F2 PN16	5		50	1.931	46.200	2321

Results - General

Project name:..	Análisis del equilibrado de una red
Position.....:	
Designer.....:	
Calc. date....:	Sunday, 24 August 2014, 18:09

Heating agent temperatures:

Ts, [°C].....:	60.00	Tr, [°C]:	50.00
Tpip, [°C].....:	50.00		
Agent type.....:	Water		

Heat source parameters:

Hydr. res. [Pa]:	0	Capacity [l]:	0
------------------	---	---------------	---

Pipe type info:

Typ A:	74200L01	Typ B:		Typ C:		Typ D:	
Typ E:		Typ F:		Typ G:		Typ H:	
Typ I:		Typ J:		Typ K:		Typ L:	
Typ M:		Typ N:		Typ O:		Typ P:	

Installation & heat source hydraulic resistance dPc, [Pa]:	100000
Pipe-run with radiator minimal resistance... dPrmin, [Pa]:	493
Total water flux in installation..... Gt, [kg/s]:	5.858
Total capacity of installation..... Vt, [l]:	529
Calculation installation heat load..... Qc, [W]:	244780
Lost load..... Qlo, [W]:	0
Add. output reserve for loading the heat buffer Qres, [W]:	
Required design source heat output in winter.... Qsw, [W]:	244780
Required design source heat output in summer.... Qss, [W]:	

Heated rooms:

Overheating...:	0	Overload [W]:	0
Underheating..:	0	Load deficit [W]:	0
Radiat.load [W]:	0	Gains from pipes [W]:	0

Underheated rooms:

Radiat.load [W]:	0	Gains from pipes [W]:	0
------------------	---	-----------------------	---

Radiators:

Overheating...:	0	Overload [W]:	0
Underheating..:	0	Load deficit [W]:	0
Calc. load [W]:	0	Real load [W]:	0

Results - Other receivers

Number		Q	G	ts	dt	dP	V	Info
Riser	Pipe-run	[W]	[kg/s]	[°C]	[K]	[Pa]	[l]	
12	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	
10	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
13	UT	4160	0.0996	60.00	10	6100	0	
11	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	
20	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000	0	
8	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	
9	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
19	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	
17	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000	0	
16	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000	0	
14	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000	0	
18	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
15	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
26	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	
25	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
24	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
23	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
22	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
21	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
7	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	

Results - Pumps

Number		dP	G	H	V	T	Ro	dP H2O	H H2O
Riser Pipe-run		Pa	kg/s	m	m3/h	°C	kg/m3	Pa	m
1	A	100000	5.858	10.37	21.46	60.0	983	100000	10.37



Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP					
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[m/s]	[Pa/m]		[Pa]					
Rise 7		Circuit via receiver:				UT									
dPac =		100121 Pa		dPgr =		121 Pa		dH =		3.45 m		Lci =		38.0 m	
Overpressure in circuit				dPove = 37817 Pa											
S	A	1	A	2.72	80	244780	5.858	1.140	188.1	0.0	512				
S	A	1	B	2.05	65	97320	2.329	0.623	71.4	3.5	825				
S	A	7	A	6.31	65	97320	2.329	0.623	71.4	0.0	450				
S	A	7	B	7.37	50	97320	2.329	1.042	266.9	1.0	2511				
S	A	7	UT	0.32	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.5	529				
				Receiver:							9600				
R	A	7	UT	0.12	25	18880	0.452	0.748	330.9	16.1	4557				
R	A	7	B	7.83	50	97320	2.329	1.037	268.5	17.2	11332				
R	A	7	A	6.31	65	97320	2.329	0.620	72.1	0.0	455				
R	A	1	B	2.50	65	97320	2.329	0.620	72.1	4.0	948				
R	A	1	A	2.42	80	244780	5.858	1.134	189.1	46.8	30585				

Rise 8		Circuit via receiver:				UT									
dPac =		100084 Pa		dPgr =		84 Pa		dH =		2.40 m		Lci =		53.2 m	
Overpressure in circuit				dPove = 34630 Pa											
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										4298					
S	A	8	A	7.27	50	78440	1.877	0.840	175.7	0.5	1454				
S	A	8	UT	0.45	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.5	572				
				Receiver:							9600				
R	A	8	UT	0.70	25	18880	0.452	0.748	330.9	16.1	4749				
R	A	8	A	7.27	50	78440	1.877	0.836	177.0	0.5	1462				
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										43320					

Rise 9		Circuit via receiver:				UT									
dPac =		100123 Pa		dPgr =		123 Pa		dH =		3.50 m		Lci =		54.9 m	
Overpressure in circuit				dPove = 35170 Pa											
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										5752					
S	A	9	A	0.24	50	59560	1.425	0.638	103.4	0.5	127				
S	A	9	UT	1.26	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	818				
				Receiver:							9100				
R	A	9	UT	1.06	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4244				
R	A	9	A	0.29	50	59560	1.425	0.635	104.4	0.5	131				
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										44782					

Rise 10		Circuit via receiver:				UT									
dPac =		100124 Pa		dPgr =		124 Pa		dH =		3.55 m		Lci =		68.6 m	
Overpressure in circuit				dPove = 31163 Pa											
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										5878					
S	A	10	A	7.21	40	48660	1.164	0.835	234.3	1.0	2038				
S	A	10	UT	1.22	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	803				
				Receiver:							9100				

Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP	
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	
R	A	10	UT	0.45	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4016
R	A	10	A	7.18	40	48660	1.164	0.831	236.1	1.5	2213
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										44913	

Rise 11		Circuit via receiver:				UT							
dPac =		100082 Pa		dPgr =		82 Pa		dH =		2.35 m		Lci =	81.9 m
Overpressure in circuit				dPove = 26454 Pa									
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										7916			
S	A	11	A	4.22	40	37760	0.904	0.648	143.7	0.5	712		
S	A	11	B	2.74	32	37760	0.904	0.874	309.4	0.5	1039		
S	A	11	UT	0.39	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.5	552		
				Receiver:								9600	
R	A	11	UT	0.59	25	18880	0.452	0.748	330.9	16.1	4713		
R	A	11	B	2.89	32	37760	0.904	0.870	311.7	1.0	1279		
R	A	11	A	4.05	40	37760	0.904	0.645	145.2	0.5	692		
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										47126			

Rise 12		Circuit via receiver:				UT							
dPac =		100124 Pa		dPgr =		124 Pa		dH =		3.55 m		Lci =	83.9 m
Overpressure in circuit				dPove = 25923 Pa									
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										9666			
S	A	12	A	0.41	32	18880	0.452	0.437	82.0	0.5	81		
S	A	12	UT	1.22	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.0	683		
				Receiver:								9600	
R	A	12	UT	1.02	25	18880	0.452	0.748	330.9	16.6	4995		
R	A	12	A	0.38	32	18880	0.452	0.435	83.2	0.5	79		
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										49097			

Rise 13		Circuit via receiver:				UT							
dPac =		99877 Pa		dPgr =		-123 Pa		dH =		-3.50 m		Lci =	45.6 m
Overpressure in circuit				dPove = 48614 Pa									
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										512			
S	A	13	A	16.57	65	147460	3.529	0.944	159.1	3.5	4195		
S	A	13	B	3.08	50	66770	1.598	0.715	128.8	1.5	780		
S	A	13	UT	0.65	20	4160	0.100	0.262	59.8	1.5	90		
				Receiver:								6100	
R	A	13	UT	0.46	20	4160	0.100	0.260	61.1	16.5	589		
R	A	13	B	3.53	50	66770	1.598	0.712	129.9	14.2	4066		
R	A	13	A	16.13	65	147460	3.529	0.939	160.1	4.0	4347		
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										30585			

Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP	
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[m/s]	[Pa/m]		[Pa]	
Rise 14			Circuit via receiver:			UT					
dPac =		99876 Pa	dPgr =		-124 Pa	dH =		-3.55 m	Lci = 54.9 m		
Overpressure in circuit				dPove = 37314 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										5487	
S	A	14	A	4.64	40	62610	1.498	1.075	381.9	1.0	2350
S	A	14	UT	0.67	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	274
				Receiver:						11000	
R	A	14	UT	0.47	20	7310	0.175	0.458	174.7	16.5	1813
R	A	14	A	4.64	40	62610	1.498	1.069	384.1	1.5	2640
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										38998	

Rise 15			Circuit via receiver:			UT					
dPac =		99833 Pa	dPgr =		-167 Pa	dH =		-4.75 m	Lci = 62.5 m		
Overpressure in circuit				dPove = 33922 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										7836	
S	A	15	A	4.02	40	55300	1.323	0.949	300.1	0.5	1432
S	A	15	UT	0.26	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	449
				Receiver:						9100	
R	A	15	UT	0.46	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4020
R	A	15	A	4.02	40	55300	1.323	0.945	302.1	0.5	1437
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										41638	

Rise 16			Circuit via receiver:			UT					
dPac =		99876 Pa	dPgr =		-124 Pa	dH =		-3.55 m	Lci = 69.3 m		
Overpressure in circuit				dPove = 32905 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										9268	
S	A	16	A	3.20	40	44400	1.063	0.762	196.3	0.5	773
S	A	16	UT	0.64	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	269
				Receiver:						11000	
R	A	16	UT	0.44	20	7310	0.175	0.458	174.7	16.5	1808
R	A	16	A	3.20	40	44400	1.063	0.758	198.0	0.5	777
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										43075	

Rise 17			Circuit via receiver:			UT					
dPac =		99877 Pa	dPgr =		-123 Pa	dH =		-3.50 m	Lci = 83.5 m		
Overpressure in circuit				dPove = 27701 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										10041	
S	A	17	A	7.21	32	37090	0.888	0.858	298.9	1.0	2524
S	A	17	UT	0.53	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	250
				Receiver:						11000	
R	A	17	UT	0.34	20	7310	0.175	0.458	174.7	16.5	1790
R	A	17	A	7.21	32	37090	0.888	0.854	301.1	1.5	2719
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										43852	

Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP	
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[m/s]	[Pa/m]		[Pa]	
Rise 18			Circuit via receiver:			UT					
dPac =		99835 Pa	dPgr =		-165 Pa	dH =		-4.70 m	Lci = 91.6 m		
Overpressure in circuit				dPove = 25274 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										12565	
S	A	18	A	4.12	32	29780	0.713	0.689	195.7	0.5	925
S	A	18	UT	0.26	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	449
				Receiver:							9100
R	A	18	UT	0.46	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4020
R	A	18	A	4.12	32	29780	0.713	0.686	197.6	0.5	932
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										46571	

Rise 19			Circuit via receiver:			UT					
dPac =		99879 Pa	dPgr =		-121 Pa	dH =		-3.45 m	Lci = 97.3 m		
Overpressure in circuit				dPove = 21937 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										13490	
S	A	19	A	3.12	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.0	1306
S	A	19	UT	0.36	25	18880	0.452	0.752	328.0	0.5	259
				Receiver:							9600
R	A	19	UT	0.16	25	18880	0.452	0.748	330.9	15.6	4431
R	A	19	A	2.82	25	18880	0.452	0.748	330.9	1.5	1353
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										47503	

Rise 20			Circuit via receiver:			UT					
dPac =		99755 Pa	dPgr =		-245 Pa	dH =		-7.00 m	Lci = 58.5 m		
Overpressure in circuit				dPove = 39778 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										4707	
S	A	20	A	5.85	50	80690	1.931	0.864	185.6	1.0	1459
S	A	20	B	3.39	50	80690	1.931	0.864	185.6	0.5	816
S	A	20	UT	0.76	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	289
				Receiver:							11000
R	A	20	UT	0.56	20	7310	0.175	0.458	174.7	16.5	1829
R	A	20	B	3.83	50	80690	1.931	0.860	187.0	6.8	3222
R	A	20	A	6.25	50	80690	1.931	0.860	187.0	1.5	1723
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										34932	

Rise 21			Circuit via receiver:			UT					
dPac =		99755 Pa	dPgr =		-245 Pa	dH =		-7.00 m	Lci = 67.0 m		
Overpressure in circuit				dPove = 37526 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										6982	
S	A	21	A	4.34	50	73380	1.756	0.786	154.5	0.5	825
S	A	21	UT	0.65	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	593
				Receiver:							9100
R	A	21	UT	0.45	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4016
R	A	21	A	4.39	50	73380	1.756	0.782	155.7	0.5	837

Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP
pipe	pipe	Riser	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[m/s]	[Pa/m]		[Pa]
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										39877

Rise 22			Circuit via receiver:				UT				
dPac =			99755 Pa		dPgr =		-245 Pa		dH = -7.00 m		Lci = 75.1 m
Overpressure in circuit			dPove = 36376 Pa								
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										7807	
S	A	22	A	4.07	50	62480	1.495	0.669	113.3	0.5	573
S	A	22	UT	0.65	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	593
				Receiver:							9100
R	A	22	UT	0.45	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4016
R	A	22	A	4.07	50	62480	1.495	0.666	114.4	0.5	577
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										40713	

Rise 23			Circuit via receiver:				UT				
dPac =			99755 Pa		dPgr =		-245 Pa		dH = -7.00 m		Lci = 81.4 m
Overpressure in circuit			dPove = 33765 Pa								
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										8380	
S	A	23	A	3.11	40	51580	1.234	0.885	262.2	1.0	1207
S	A	23	UT	0.65	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	593
				Receiver:							9100
R	A	23	UT	0.45	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4016
R	A	23	A	3.11	40	51580	1.234	0.881	264.1	1.5	1403
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										41290	

Rise 24			Circuit via receiver:				UT				
dPac =			99755 Pa		dPgr =		-245 Pa		dH = -7.00 m		Lci = 95.8 m
Overpressure in circuit			dPove = 27485 Pa								
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										9587	
S	A	24	A	7.22	32	40680	0.974	0.941	357.5	1.0	3024
S	A	24	UT	0.65	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	593
				Receiver:							9100
R	A	24	UT	0.45	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4016
R	A	24	A	7.22	32	40680	0.974	0.937	359.9	1.5	3256
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										42693	

Rise 25			Circuit via receiver:				UT				
dPac =			99755 Pa		dPgr =		-245 Pa		dH = -7.00 m		Lci = 103.9 m
Overpressure in circuit			dPove = 25655 Pa								
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										12611	
S	A	25	A	4.05	32	29780	0.713	0.689	195.7	0.5	911
S	A	25	UT	0.65	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	593
				Receiver:							9100
R	A	25	UT	0.45	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4016
R	A	25	A	4.05	32	29780	0.713	0.686	197.6	0.5	918

Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										45950

Rise 26			Circuit via receiver:				UT				
dPac = 99755 Pa			dPgr = -245 Pa			dH = -7.00 m			Lci = 110.2 m		
Overpressure in circuit				dPove = 22105 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										13523	
S	A	26	A	3.37	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.0	1388
S	A	26	UT	0.46	25	18880	0.452	0.752	328.0	0.5	292
				Receiver:							9600
R	A	26	UT	0.26	25	18880	0.452	0.748	330.9	15.6	4464
R	A	26	A	3.31	25	18880	0.452	0.748	330.9	1.5	1515
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										46868	

Results - General

Project name:..	Análisis del equilibrado de una red
Position.....:	
Designer.....:	
Calc. date....:	Sunday, 24 August 2014, 20:12

Heating agent temperatures:

Ts, [°C].....:	60.00	Tr, [°C]:	50.00
Tpip, [°C].....:	50.00		
Agent type.....:	Water		

Heat source parameters:

Hydr. res. [Pa]:	0	Capacity [l]:	0
------------------	---	---------------	---

Pipe type info:

Typ A:	74200L01	Typ B:		Typ C:		Typ D:	
Typ E:		Typ F:		Typ G:		Typ H:	
Typ I:		Typ J:		Typ K:		Typ L:	
Typ M:		Typ N:		Typ O:		Typ P:	

Installation & heat source hydraulic resistance dPc, [Pa]:	100000
Pipe-run with radiator minimal resistance... dPrmin, [Pa]:	493
Total water flux in installation..... Gt, [kg/s]:	4.629
Total capacity of installation..... Vt, [l]:	610
Calculation installation heat load..... Qc, [W]:	193430
Lost load..... Qlo, [W]:	0
Add. output reserve for loading the heat buffer Qres, [W]:	
Required design source heat output in winter.... Qsw, [W]:	193430
Required design source heat output in summer.... Qss, [W]:	

Heated rooms:

Overheating...:	0	Overload [W]:	0
Underheating..:	0	Load deficit [W]:	0
Radiat.load [W]:	0	Gains from pipes [W]:	0

Underheated rooms:

Radiat.load [W]:	0	Gains from pipes [W]:	0
------------------	---	-----------------------	---

Radiators:

Overheating...:	0	Overload [W]:	0
Underheating..:	0	Load deficit [W]:	0
Calc. load [W]:	0	Real load [W]:	0

Results - Pumps

Number		dP	G	H	V	T	Ro	dP H2O	H H2O
Riser Pipe-run		Pa	kg/s	m	m3/h	°C	kg/m3	Pa	m
1	A	100000	4.629	10.37	16.95	60.0	983	100000	10.37



Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP					
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]					
Rise 1		Circuit via receiver:				UT									
dPac =		100009 Pa		dPgr =		9 Pa		dH =		0.25 m		Lci =		25.2 m	
Overpressure in circuit				dPove = 56974 Pa											
S	A	1	A	2.72	80	193430	4.629	0.901	119.1	0.0	324				
S	A	1	B	2.05	65	119920	2.870	0.767	106.7	3.5	1249				
S	A	1	C	7.29	50	52380	1.254	0.561	80.8	1.5	825				
S	A	1	UT	0.12	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.5	463				
				Receiver:							9600				
R	A	1	UT	0.32	25	18880	0.452	0.748	330.9	16.1	4624				
R	A	1	C	7.74	50	52380	1.254	0.558	81.7	30.7	5411				
R	A	1	B	2.50	65	119920	2.870	0.764	107.5	4.0	1435				
R	A	1	A	2.42	80	193430	4.629	0.896	119.9	46.8	19103				

Rise 2		Circuit via receiver:				UT									
dPac =		100053 Pa		dPgr =		53 Pa		dH =		1.50 m		Lci =		39.4 m	
Overpressure in circuit				dPove = 56687 Pa											
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										2398					
S	A	2	A	7.05	40	33500	0.802	0.575	114.3	1.0	971				
S	A	2	UT	0.37	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	222				
				Receiver:							11000				
R	A	2	UT	0.19	20	7310	0.175	0.458	174.7	16.5	1764				
R	A	2	B	7.05	40	33500	0.802	0.572	115.6	1.5	1060				
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										25950					

Rise 5		Circuit via receiver:				UT									
dPac =		100053 Pa		dPgr =		53 Pa		dH =		1.50 m		Lci =		68.2 m	
Overpressure in circuit				dPove = 51975 Pa											
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										3369					
S	A	3	A	0.60	40	26190	0.627	0.449	71.5	0.5	93				
S	A	4	A	7.16	32	26190	0.627	0.606	153.0	0.5	1187				
S	A	5	A	6.66	32	26190	0.627	0.606	153.0	0.0	1019				
S	A	5	UT	0.37	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	222				
				Receiver:							11000				
R	A	5	UT	0.19	20	7310	0.175	0.458	174.7	16.5	1764				
R	A	5	A	6.66	32	26190	0.627	0.603	154.6	0.0	1030				
R	A	4	A	7.16	32	26190	0.627	0.603	154.6	1.0	1289				
R	A	3	B	0.60	40	26190	0.627	0.447	72.5	0.5	94				
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										27010					

Rise 6		Circuit via receiver:				UT									
dPac =		100009 Pa		dPgr =		9 Pa		dH =		0.25 m		Lci =		70.9 m	
Overpressure in circuit				dPove = 49552 Pa											
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										5668					
S	A	6	A	0.66	32	18880	0.452	0.437	82.0	0.5	102				

Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP	
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[Pa/m]		[Pa]	
S	A	6	UT	0.84	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.0	558
Receiver:										9600	
R	A	6	UT	1.04	25	18880	0.452	0.748	330.9	16.6	5002
R	A	6	A	0.68	32	18880	0.452	0.435	83.2	0.5	104
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										29423	

Rise 8		Circuit via receiver:				UT					
dPac = 100084 Pa		dPgr = 84 Pa		dH = 2.40 m		Lci = 53.2 m					
Overpressure in circuit				dPove = 53867 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										1573	
S	A	7	A	6.31	65	67540	1.616	0.432	35.5	0.5	271
S	A	7	B	7.37	50	67540	1.616	0.723	131.6	1.0	1232
S	A	8	A	7.27	50	67540	1.616	0.723	131.6	0.0	957
S	A	8	UT	0.45	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.5	572
Receiver:										9600	
R	A	8	UT	0.70	25	18880	0.452	0.748	330.9	16.1	4749
R	A	8	A	7.27	50	67540	1.616	0.720	132.8	0.0	966
R	A	7	B	7.83	50	67540	1.616	0.720	132.8	17.2	5485
R	A	7	A	6.31	65	67540	1.616	0.430	36.0	0.5	274
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										20538	

Rise 9		Circuit via receiver:				UT					
dPac = 100123 Pa		dPgr = 123 Pa		dH = 3.50 m		Lci = 54.9 m					
Overpressure in circuit				dPove = 54493 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										4033	
S	A	9	A	0.24	50	48660	1.164	0.521	70.2	0.5	85
S	A	9	UT	1.26	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	818
Receiver:										9100	
R	A	9	UT	1.06	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4244
R	A	9	A	0.29	50	48660	1.164	0.519	71.1	0.5	88
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										27263	

Rise 11		Circuit via receiver:				UT					
dPac = 100082 Pa		dPgr = 82 Pa		dH = 2.35 m		Lci = 81.9 m					
Overpressure in circuit				dPove = 47636 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										4118	
S	A	10	A	7.21	40	37760	0.904	0.648	143.7	1.0	1246
S	A	11	A	4.22	40	37760	0.904	0.648	143.7	0.0	607
S	A	11	B	2.74	32	37760	0.904	0.874	309.4	0.5	1039
S	A	11	UT	0.39	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.5	552
Receiver:										9600	
R	A	11	UT	0.59	25	18880	0.452	0.748	330.9	16.1	4713
R	A	11	B	2.89	32	37760	0.904	0.870	311.7	1.0	1279
R	A	11	A	4.05	40	37760	0.904	0.645	145.2	0.0	588

Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP	
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[Pa/m]		[Pa]	
R	A	10	A	7.18	40	37760	0.904	0.645	145.2	1.5	1354
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										27351	

Rise 12		Circuit via receiver:			UT											
dPac =		100124 Pa			dPgr =		124 Pa		dH =		3.55 m		Lci =		83.9 m	
Overpressure in circuit				dPove = 47105 Pa												
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										7009						
S	A	12	A	0.41	32	18880	0.452	0.437	82.0	0.5	81					
S	A	12	UT	1.22	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.0	683					
				Receiver:							9600					
R	A	12	UT	1.02	25	18880	0.452	0.748	330.9	16.6	4995					
R	A	12	A	0.38	32	18880	0.452	0.435	83.2	0.5	79					
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										30572						

Rise 14		Circuit via receiver:			UT											
dPac =		99876 Pa			dPgr =		-124 Pa		dH =		-3.55 m		Lci =		54.9 m	
Overpressure in circuit				dPove = 62163 Pa												
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										324						
S	A	13	A	16.57	65	73510	1.759	0.470	41.7	3.5	1079					
S	A	13	B	3.08	50	36420	0.872	0.390	40.5	1.5	239					
S	A	14	A	4.64	40	36420	0.872	0.625	134.1	0.5	720					
S	A	14	UT	0.67	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	274					
				Receiver:							11000					
R	A	14	UT	0.47	20	7310	0.175	0.458	174.7	16.5	1813					
R	A	14	A	4.64	40	36420	0.872	0.622	135.5	1.0	822					
R	A	13	B	3.53	50	36420	0.872	0.388	41.1	14.2	1218					
R	A	13	A	16.13	65	73510	1.759	0.468	42.3	4.0	1120					
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										19103						

Rise 15		Circuit via receiver:			UT											
dPac =		99833 Pa			dPgr =		-167 Pa		dH =		-4.75 m		Lci =		62.5 m	
Overpressure in circuit				dPove = 60808 Pa												
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										2361						
S	A	15	A	4.02	40	29110	0.697	0.500	87.4	0.5	414					
S	A	15	UT	0.26	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	449					
				Receiver:							9100					
R	A	15	UT	0.46	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4020					
R	A	15	A	4.02	40	29110	0.697	0.497	88.5	0.5	418					
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										22264						

Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP		
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[m/s]	[Pa/m]		[Pa]		
Rise 17		Circuit via receiver:				UT						
dPac =		99877 Pa		dPgr =		-123 Pa		dH =		-3.50 m	Lci =	83.5 m
Overpressure in circuit				dPove = 59855 Pa								
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										2775		
S	A	16	A	3.20	40	18210	0.436	0.313	36.0	0.5	140	
S	A	17	A	7.21	32	18210	0.436	0.421	76.6	0.5	596	
S	A	17	UT	0.53	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	250	
				Receiver:							11000	
R	A	17	UT	0.34	20	7310	0.175	0.458	174.7	16.5	1790	
R	A	17	A	7.21	32	18210	0.436	0.419	77.7	1.0	648	
R	A	16	A	3.20	40	18210	0.436	0.311	36.7	0.5	142	
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										22682		

Rise 18		Circuit via receiver:				UT						
dPac =		99835 Pa		dPgr =		-165 Pa		dH =		-4.70 m	Lci =	91.6 m
Overpressure in circuit				dPove = 58776 Pa								
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										3511		
S	A	18	A	4.12	32	10900	0.261	0.252	29.2	0.5	136	
S	A	18	UT	0.26	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	449	
				Receiver:							9100	
R	A	18	UT	0.46	20	10900	0.261	0.682	372.9	17.5	4253	
R	A	18	A	4.12	32	10900	0.261	0.251	29.9	0.5	139	
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										23471		

Rise 20		Circuit via receiver:				UT						
dPac =		99755 Pa		dPgr =		-245 Pa		dH =		-7.00 m	Lci =	58.5 m
Overpressure in circuit				dPove = 63429 Pa								
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										1403		
S	A	20	A	5.85	50	37090	0.888	0.397	41.9	1.0	324	
S	A	20	B	3.39	50	37090	0.888	0.397	41.9	0.5	182	
S	A	20	UT	0.76	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	289	
				Receiver:							11000	
R	A	20	UT	0.56	20	7310	0.175	0.458	174.7	16.5	1829	
R	A	20	B	3.83	50	37090	0.888	0.395	42.5	6.8	692	
R	A	20	A	6.25	50	37090	0.888	0.395	42.5	1.5	383	
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										20223		

Rise 24		Circuit via receiver:				UT						
dPac =		99755 Pa		dPgr =		-245 Pa		dH =		-7.00 m	Lci =	95.8 m
Overpressure in circuit				dPove = 58356 Pa								
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										1908		
S	A	21	A	4.34	50	29780	0.713	0.319	27.7	0.5	146	
S	A	22	A	4.07	50	29780	0.713	0.319	27.7	0.0	113	
S	A	23	A	3.11	40	29780	0.713	0.511	91.3	0.5	349	

Results - Circuits

Type	Type	Number		L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[m/s]	[Pa/m]		[Pa]
S	A	24	A	7.22	32	29780	0.713	0.689	195.7	0.5	1532
S	A	24	UT	0.65	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	593
Receiver:											9100
R	A	24	UT	0.45	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4016
R	A	24	A	7.22	32	29780	0.713	0.686	197.6	1.0	1662
R	A	23	A	3.11	40	29780	0.713	0.509	92.4	1.0	417
R	A	22	A	4.07	50	29780	0.713	0.317	28.2	0.0	115
R	A	21	A	4.39	50	29780	0.713	0.317	28.2	0.5	149
Common return pipe-runs hydraulic resistance:											21299

Rise 26		Circuit via receiver:					UT								
dPac =		99755 Pa		dPgr =		-245 Pa		dH =		-7.00 m		Lci =		110.2 m	
Overpressure in circuit				dPove =								54323 Pa			
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:											4048				
S	A	25	A	4.05	32	18880	0.452	0.437	82.0	0.5	380				
S	A	26	A	3.37	25	18880	0.452	0.752	328.0	0.5	1247				
S	A	26	UT	0.46	25	18880	0.452	0.752	328.0	0.5	292				
Receiver:											9600				
R	A	26	UT	0.26	25	18880	0.452	0.748	330.9	15.6	4464				
R	A	26	A	3.31	25	18880	0.452	0.748	330.9	1.0	1375				
R	A	25	A	4.05	32	18880	0.452	0.435	83.2	0.5	384				
Common return pipe-runs hydraulic resistance:											23641				

Results - General

---

Project name:..	Análisis del equilibrado de una red
Position.....:	
Designer.....:	
Calc. date....:	Monday, 25 August 2014, 12:40

Heating agent temperatures:

Ts, [°C].....:	60.00	Tr, [°C]:	50.00
Tpip, [°C].....:	50.00		
Agent type.....:	Water		

Heat source parameters:

Hydr. res. [Pa]:	0	Capacity [l]:	0
------------------	---	---------------	---

Pipe type info:

Typ A:	74200L01	Typ B:		Typ C:		Typ D:	
Typ E:		Typ F:		Typ G:		Typ H:	
Typ I:		Typ J:		Typ K:		Typ L:	
Typ M:		Typ N:		Typ O:		Typ P:	

Installation & heat source hydraulic resistance dPc, [Pa]:	64000
Pipe-run with radiator minimal resistance... dPrmin, [Pa]:	493
Total water flux in installation..... Gt, [kg/s]:	7.633
Total capacity of installation..... Vt, [l]:	617
Calculation installation heat load..... Qc, [W]:	318960
Lost load..... Qlo, [W]:	0
Add. output reserve for loading the heat buffer Qres, [W]:	
Required design source heat output in winter.... Qsw, [W]:	318960
Required design source heat output in summer.... Qss, [W]:	

Heated rooms:

Overheating...:	0	Overload [W]:	0
Underheating..:	0	Load deficit [W]:	0
Radiat.load [W]:	0	Gains from pipes [W]:	0

Underheated rooms:

Radiat.load [W]:	0	Gains from pipes [W]:	0
------------------	---	-----------------------	---

Radiators:

Overheating...:	0	Overload [W]:	0
Underheating..:	0	Load deficit [W]:	0
Calc. load [W]:	0	Real load [W]:	0

Results - Other receivers

Number		Q	G	ts	dt	dP	V	Info
Riser	Pipe-run	[W]	[kg/s]	[°C]	[K]	[Pa]	[l]	
12	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	
10	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
5	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000	0	
13	UT	4160	0.0996	60.00	10	6100	0	
4	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
11	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	
20	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000	0	
8	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	
9	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
6	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	
3	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
2	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000	0	
1	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	
19	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	
17	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000	0	
16	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000	0	
14	UT	7310	0.1749	60.00	10	11000	0	
18	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
15	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
26	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	
25	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
24	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
23	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
22	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
21	UT	10900	0.2608	60.00	10	9100	0	
7	UT	18880	0.4518	60.00	10	9600	0	

Results - Pumps

Number		dP	G	H	V	T	Ro	dP H2O	H H2O
Riser Pipe-run		Pa	kg/s	m	m3/h	°C	kg/m3	Pa	m
1	A	64000	7.633	6.64	27.96	60.0	983	64000	6.64



Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP					
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]					
Rise 1			Circuit via receiver:				UT								
dPac =		64009 Pa		dPgr =		9 Pa		dH =		0.25 m		Lci =		25.2 m	
Overpressure in circuit				dPove = 14565 Pa											
S	A	1	A	2.72	80	318960	7.633	1.485	315.5	0.0	858				
S	A	1	B	2.05	65	171500	4.104	1.098	213.4	3.5	2545				
S	A	1	C	7.29	50	74180	1.775	0.794	157.7	1.5	1623				
S	A	1	UT	0.12	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.5	463				
Receiver:											9600				
R	A	1	UT	0.32	25	18880	0.452	0.748	330.9	16.1	4624				
R	A	1	C	7.74	50	74180	1.775	0.791	159.0	30.7	10815				
				MSV-F2 PN16		preset 2.5		dn 50 mm							
				Kv = 21.250 m3/h											
R	A	1	B	2.50	65	171500	4.104	1.092	214.5	4.0	2922				
R	A	1	A	2.42	80	318960	7.633	1.478	316.5	13.9	15992				
				MSV-F2 PN16		preset 5		dn 80 mm							
				Kv = 71.300 m3/h											

Rise 2			Circuit via receiver:				UT								
dPac =		64053 Pa		dPgr =		53 Pa		dH =		1.50 m		Lci =		39.4 m	
Overpressure in circuit				dPove = 10945 Pa											
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:											5027				
S	A	2	A	7.05	40	55300	1.323	0.949	300.1	1.0	2566				
S	A	2	UT	0.37	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	222				
Receiver:											11000				
R	A	2	UT	0.19	20	7310	0.175	0.458	174.7	16.5	1764				
R	A	2	B	7.05	40	55300	1.323	0.945	302.1	1.5	2799				
Common return pipe-runs hydraulic resistance:											29730				

Rise 3			Circuit via receiver:				UT								
dPac =		64009 Pa		dPgr =		9 Pa		dH =		0.25 m		Lci =		42.1 m	
Overpressure in circuit				dPove = 9216 Pa											
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:											7593				
S	A	3	A	0.60	40	47990	1.148	0.824	228.1	0.5	306				
S	A	3	UT	0.92	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	692				
Receiver:											9100				
R	A	3	UT	1.12	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4266				
R	A	3	B	0.60	40	47990	1.148	0.820	229.9	0.5	306				
Common return pipe-runs hydraulic resistance:											32528				

Rise 4			Circuit via receiver:				UT								
dPac =		64009 Pa		dPgr =		9 Pa		dH =		0.25 m		Lci =		56.5 m	
Overpressure in circuit				dPove = 3945 Pa											
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:											7900				
S	A	4	A	7.16	32	37090	0.888	0.858	298.9	1.0	2509				

Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP	
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	
S	A	4	UT	1.00	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	722
Receiver:										9100	
R	A	4	UT	1.20	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4296
R	A	4	A	7.16	32	37090	0.888	0.854	301.1	1.5	2703
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										32834	

Rise 5		Circuit via receiver:				UT									
dPac =		64053 Pa		dPgr =		53 Pa		dH =		1.50 m		Lci =		68.2 m	
Overpressure in circuit				dPove =								2889 Pa			
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										10408					
S	A	5	A	6.66	32	26190	0.627	0.606	153.0	0.5	1111				
S	A	5	UT	0.37	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	222				
Receiver:										11000					
R	A	5	UT	0.19	20	7310	0.175	0.458	174.7	16.5	1764				
R	A	5	A	6.66	32	26190	0.627	0.603	154.6	0.5	1121				
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										35538					

Rise 6		Circuit via receiver:				UT									
dPac =		64009 Pa		dPgr =		9 Pa		dH =		0.25 m		Lci =		70.9 m	
Overpressure in circuit				dPove =								466 Pa			
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										11519					
S	A	6	A	0.66	32	18880	0.452	0.437	82.0	0.5	102				
S	A	6	UT	0.84	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.0	558				
Receiver:										9600					
R	A	6	UT	1.04	25	18880	0.452	0.748	330.9	16.6	5002				
R	A	6	A	0.68	32	18880	0.452	0.435	83.2	0.5	104				
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										36658					

Rise 7		Circuit via receiver:				UT									
dPac =		64121 Pa		dPgr =		121 Pa		dH =		3.45 m		Lci =		37.2 m	
Overpressure in circuit				dPove =								12230 Pa			
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										3403					
S	A	7	A	5.56	65	97320	2.329	0.623	71.4	0.5	494				
S	A	7	B	7.37	50	97320	2.329	1.042	266.9	1.0	2511				
S	A	7	UT	0.32	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.5	529				
Receiver:										9600					
R	A	7	UT	0.12	25	18880	0.452	0.748	330.9	16.1	4557				
R	A	7	B	7.83	50	97320	2.329	1.037	268.5	17.2	11332				
				MSV-F2 PN16		preset		3.25		dn 50 mm					
				Kv = 29.250 m3/h											
R	A	7	A	6.31	65	97320	2.329	0.620	72.1	0.5	551				
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										18914					

Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP	
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	
Rise 8			Circuit via receiver:			UT					
dPac =		64075 Pa	dPgr =		75 Pa	dH =		2.15 m	Lci = 52.7 m		
Overpressure in circuit				dPove = 8951 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										6408	
S	A	8	A	7.27	50	78440	1.877	0.840	175.7	0.5	1454
S	A	8	UT	0.45	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.5	572
				Receiver:							9600
R	A	8	UT	0.95	25	18880	0.452	0.748	330.9	16.1	4832
R	A	8	A	7.27	50	78440	1.877	0.836	177.0	0.5	1462
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										30797	

Rise 9			Circuit via receiver:			UT					
dPac =		64123 Pa	dPgr =		123 Pa	dH =		3.50 m	Lci = 54.1 m		
Overpressure in circuit				dPove = 9583 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										7862	
S	A	9	A	0.24	50	59560	1.425	0.638	103.4	0.5	127
S	A	9	UT	1.26	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	818
				Receiver:							9100
R	A	9	UT	1.06	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4244
R	A	9	A	0.29	50	59560	1.425	0.635	104.4	0.5	131
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										32259	

Rise 10			Circuit via receiver:			UT					
dPac =		64124 Pa	dPgr =		124 Pa	dH =		3.55 m	Lci = 67.9 m		
Overpressure in circuit				dPove = 5576 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										7988	
S	A	10	A	7.21	40	48660	1.164	0.835	234.3	1.0	2038
S	A	10	UT	1.22	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	803
				Receiver:							9100
R	A	10	UT	0.45	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4016
R	A	10	A	7.18	40	48660	1.164	0.831	236.1	1.5	2213
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										32390	

Rise 11			Circuit via receiver:			UT					
dPac =		64074 Pa	dPgr =		74 Pa	dH =		2.10 m	Lci = 81.1 m		
Overpressure in circuit				dPove = 858 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										10026	
S	A	11	A	4.22	40	37760	0.904	0.648	143.7	0.5	712
S	A	11	B	2.74	32	37760	0.904	0.874	309.4	0.5	1039
S	A	11	UT	0.39	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.5	552
				Receiver:							9600
R	A	11	UT	0.59	25	18880	0.452	0.748	330.9	16.1	4713
R	A	11	B	2.89	32	37760	0.904	0.870	311.7	1.0	1279
R	A	11	A	4.05	40	37760	0.904	0.645	145.2	0.5	692

Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										34603

Rise 12			Circuit via receiver:				UT					
dPac =		64124 Pa	dPgr =		124 Pa	dH =		3.55 m	Lci =		83.1 m	
Overpressure in circuit				dPove =				336 Pa				
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										11776		
S	A	12	A	0.41	32	18880	0.452	0.437	82.0	0.5	81	
S	A	12	UT	1.22	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.0	683	
				Receiver:								9600
R	A	12	UT	1.02	25	18880	0.452	0.748	330.9	16.6	4995	
R	A	12	A	0.38	32	18880	0.452	0.435	83.2	0.5	79	
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										36574		

Rise 13			Circuit via receiver:				UT					
dPac =		63877 Pa	dPgr =		-123 Pa	dH =		-3.50 m	Lci =		45.6 m	
Overpressure in circuit				dPove =				26860 Pa				
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										858		
S	A	13	A	16.57	65	147460	3.529	0.944	159.1	3.5	4195	
S	A	13	B	3.08	50	66770	1.598	0.715	128.8	1.5	780	
S	A	13	UT	0.65	20	4160	0.100	0.262	59.8	1.5	90	
				Receiver:								6100
R	A	13	UT	0.46	20	4160	0.100	0.260	61.1	16.5	589	
R	A	13	B	3.53	50	66770	1.598	0.712	129.9	14.2	4066	
				MSV-F2 PN16 preset 3.5				dn 50 mm				
								Kv = 31.800 m3/h				
R	A	13	A	16.13	65	147460	3.529	0.939	160.1	4.0	4347	
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										15992		

Rise 14			Circuit via receiver:				UT					
dPac =		63876 Pa	dPgr =		-124 Pa	dH =		-3.55 m	Lci =		54.9 m	
Overpressure in circuit				dPove =				15560 Pa				
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										5833		
S	A	14	A	4.64	40	62610	1.498	1.075	381.9	1.0	2350	
S	A	14	UT	0.67	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	274	
				Receiver:								11000
R	A	14	UT	0.47	20	7310	0.175	0.458	174.7	16.5	1813	
R	A	14	A	4.64	40	62610	1.498	1.069	384.1	1.5	2640	
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										24406		

Rise 15			Circuit via receiver:				UT				
dPac =		63833 Pa	dPgr =		-167 Pa	dH =		-4.75 m	Lci =		62.5 m
Overpressure in circuit				dPove =				12168 Pa			
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										8183	
S	A	15	A	4.02	40	55300	1.323	0.949	300.1	0.5	1432

Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP	
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[Pa/m]		[Pa]	
S	A	15	UT	0.26	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	449
Receiver:										9100	
R	A	15	UT	0.46	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4020
R	A	15	A	4.02	40	55300	1.323	0.945	302.1	0.5	1437
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										27045	

Rise 16		Circuit via receiver:				UT					
dPac = 63876 Pa		dPgr = -124 Pa				dH = -3.55 m			Lci = 69.3 m		
Overpressure in circuit				dPove = 11151 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										9614	
S	A	16	A	3.20	40	44400	1.063	0.762	196.3	0.5	773
S	A	16	UT	0.64	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	269
Receiver:										11000	
R	A	16	UT	0.44	20	7310	0.175	0.458	174.7	16.5	1808
R	A	16	A	3.20	40	44400	1.063	0.758	198.0	0.5	777
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										28483	

Rise 17		Circuit via receiver:				UT					
dPac = 63877 Pa		dPgr = -123 Pa				dH = -3.50 m			Lci = 83.5 m		
Overpressure in circuit				dPove = 5947 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										10388	
S	A	17	A	7.21	32	37090	0.888	0.858	298.9	1.0	2524
S	A	17	UT	0.53	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	250
Receiver:										11000	
R	A	17	UT	0.34	20	7310	0.175	0.458	174.7	16.5	1790
R	A	17	A	7.21	32	37090	0.888	0.854	301.1	1.5	2719
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										29260	

Rise 18		Circuit via receiver:				UT					
dPac = 63835 Pa		dPgr = -165 Pa				dH = -4.70 m			Lci = 91.6 m		
Overpressure in circuit				dPove = 3520 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										12911	
S	A	18	A	4.12	32	29780	0.713	0.689	195.7	0.5	925
S	A	18	UT	0.26	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	449
Receiver:										9100	
R	A	18	UT	0.46	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4020
R	A	18	A	4.12	32	29780	0.713	0.686	197.6	0.5	932
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										31978	

Rise 19		Circuit via receiver:				UT					
dPac = 63879 Pa		dPgr = -121 Pa				dH = -3.45 m			Lci = 97.3 m		
Overpressure in circuit				dPove = 183 Pa							
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										13836	
S	A	19	A	3.12	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.0	1306

Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP	
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[kg/s]	[Pa/m]		[Pa]	
S	A	19	UT	0.36	25	18880	0.452	0.752	328.0	0.5	259
Receiver:										9600	
R	A	19	UT	0.16	25	18880	0.452	0.748	330.9	15.6	4431
R	A	19	A	2.82	25	18880	0.452	0.748	330.9	1.5	1353
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										32910	

Rise 20		Circuit via receiver:				UT									
dPac =		63755 Pa		dPgr =		-245 Pa		dH =		-7.00 m		Lci =		58.5 m	
Overpressure in circuit				dPove =								18024 Pa			
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										5053					
S	A	20	A	5.85	50	80690	1.931	0.864	185.6	1.0	1459				
S	A	20	B	3.39	50	80690	1.931	0.864	185.6	0.5	816				
S	A	20	UT	0.76	20	7310	0.175	0.460	172.2	1.5	289				
Receiver:										11000					
R	A	20	UT	0.56	20	7310	0.175	0.458	174.7	16.5	1829				
R	A	20	B	3.83	50	80690	1.931	0.860	187.0	6.8	3222				
				MSV-F2 PN16		preset		5		dn		50 mm			
				Kv = 46.200 m3/h											
R	A	20	A	6.25	50	80690	1.931	0.860	187.0	1.5	1723				
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										20339					

Rise 21		Circuit via receiver:				UT									
dPac =		63755 Pa		dPgr =		-245 Pa		dH =		-7.00 m		Lci =		67.0 m	
Overpressure in circuit				dPove =								15772 Pa			
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										7328					
S	A	21	A	4.34	50	73380	1.756	0.786	154.5	0.5	825				
S	A	21	UT	0.65	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	593				
Receiver:										9100					
R	A	21	UT	0.45	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4016				
R	A	21	A	4.39	50	73380	1.756	0.782	155.7	0.5	837				
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										25284					

Rise 22		Circuit via receiver:				UT									
dPac =		63755 Pa		dPgr =		-245 Pa		dH =		-7.00 m		Lci =		75.1 m	
Overpressure in circuit				dPove =								14622 Pa			
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										8153					
S	A	22	A	4.07	50	62480	1.495	0.669	113.3	0.5	573				
S	A	22	UT	0.65	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	593				
Receiver:										9100					
R	A	22	UT	0.45	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4016				
R	A	22	A	4.07	50	62480	1.495	0.666	114.4	0.5	577				
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										26121					

Results - Circuits

Type	Type	Number	L	dn	Q	G	v	R	Dzeta	dP	
pipe	pipe	Riser	Pipe-run	[m]	[mm]	[W]	[m/s]	[Pa/m]		[Pa]	
Rise 23		Circuit via receiver:				UT					
dPac =		63755 Pa	dPgr =		-245 Pa	dH =		-7.00 m	Lci = 81.4 m		
Overpressure in circuit			dPove = 12011 Pa								
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										8726	
S	A	23	A	3.11	40	51580	1.234	0.885	262.2	1.0	1207
S	A	23	UT	0.65	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	593
			Receiver:							9100	
R	A	23	UT	0.45	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4016
R	A	23	A	3.11	40	51580	1.234	0.881	264.1	1.5	1403
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										26697	

Rise 24		Circuit via receiver:				UT					
dPac =		63755 Pa	dPgr =		-245 Pa	dH =		-7.00 m	Lci = 95.8 m		
Overpressure in circuit			dPove = 5731 Pa								
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										9934	
S	A	24	A	7.22	32	40680	0.974	0.941	357.5	1.0	3024
S	A	24	UT	0.65	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	593
			Receiver:							9100	
R	A	24	UT	0.45	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4016
R	A	24	A	7.22	32	40680	0.974	0.937	359.9	1.5	3256
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										28101	

Rise 25		Circuit via receiver:				UT					
dPac =		63755 Pa	dPgr =		-245 Pa	dH =		-7.00 m	Lci = 103.9 m		
Overpressure in circuit			dPove = 3901 Pa								
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										12958	
S	A	25	A	4.05	32	29780	0.713	0.689	195.7	0.5	911
S	A	25	UT	0.65	20	10900	0.261	0.686	369.2	1.5	593
			Receiver:							9100	
R	A	25	UT	0.45	20	10900	0.261	0.682	372.9	16.5	4016
R	A	25	A	4.05	32	29780	0.713	0.686	197.6	0.5	918
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										31357	

Rise 26		Circuit via receiver:				UT					
dPac =		63755 Pa	dPgr =		-245 Pa	dH =		-7.00 m	Lci = 110.2 m		
Overpressure in circuit			dPove = 351 Pa								
Common supply pipe-runs hydraulic resistance:										13869	
S	A	26	A	3.37	25	18880	0.452	0.752	328.0	1.0	1388
S	A	26	UT	0.46	25	18880	0.452	0.752	328.0	0.5	292
			Receiver:							9600	
R	A	26	UT	0.26	25	18880	0.452	0.748	330.9	15.6	4464
R	A	26	A	3.31	25	18880	0.452	0.748	330.9	1.5	1515
Common return pipe-runs hydraulic resistance:										32275	

Results - Preset values

Type	Number	Room	Symbol	Preset	Aut.	dn	G	Kv	dP
Riser Pipe-run						[mm]	[kg/s]	[m3/h]	[Pa]
R	1	A	1 MSV-F2 PN16	5		80	7.633	71.300	15227
R	1	C	1 MSV-F2 PN16	2.5		50	1.775	21.250	9272
R	7	B	1 MSV-F2 PN16	3.25		50	2.329	29.250	8423
R	13	B	1 MSV-F2 PN16	3.5		50	1.598	31.800	3354
R	20	B	1 MSV-F2 PN16	5		50	1.931	46.200	2321