



Escuela Técnica Superior De Ingenieros
Industriales

Master En Ingeniería Industrial

Ingeniería Térmica

Estudio de una caldera

Daniel Ignacio Alfaro Posada 13012

11.06.2020

INTRODUCCIÓN	2
CLASIFICACIÓN DE LA CALDERA	3
EVALUACIÓN DE LA CALDERA	5
ANÁLISIS ECONÓMICO	5
OBSOLESCENCIA DE LA CALDERA	6
CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO Y SENSACIÓN DE CONFORT	6
ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL	7
CONCLUSIONES	8
REFERENCIAS	8
ANEXO 1 - ESTUDIO DE VECUSA	10

INTRODUCCIÓN

El trabajo se realiza para la asignatura de Ingeniería Térmica de segundo de máster. Consistirá en el estudio de la caldera que alimenta un complejo de apartamentos en Pozuelo de Alarcón. La instalación de la urbanización es modular, consta de 9 portales/edificios divididos en tres bloques cada uno de ellos con su propia instalación de calderas. Cada edificio cuenta con 5 niveles (nivel -1: Garaje (existen 3 garajes, 1 por bloque), nivel 0 y 3: dos apartamentos, niveles 1,2: cuatro apartamos), con un total de 12 apartamentos por edificio. Cada uno de estos apartamentos cuenta con 3 habitaciones, dos baños, cocina y salón. La mayoría de ellos cuenta con familias de 4 personas, por lo que aproximamos el consumo diario de 40 personas por edificio.

La caldera tiene dos propósitos, el abastecimiento del ACS y de la calefacción del bloque. Para el ACS y considerando la demanda de de agua caliente de 100 l/persona, la caldera del bloque 2 alimenta a 3 edificios por lo que el sistema de ACS tiene que suministrar 12m^3 diarios de agua. La calefacción es central y es un circuito cerrado, por lo que el consumo se estudiará al ver el funcionamiento de la caldera.



Imagen 1: Localización de la sala de calderas (**Fuente:** realización propia)

Para el trabajo se estudiará la caldera del bloque 2, que se sitúa en la sala de calderas en el nivel -1 del edificio 2.3.



Imagen 2: Nivel -1 del bloque 2 (**Fuente:** realización propia)

CLASIFICACIÓN DE LA CALDERA

Como se observa en la imagen 3, la sala de calderas tiene dos calderas. Ambas calderas como se comentaba al principio son de uso mixto, para calefacción y ACS. Usan quemadores atmosféricos y su combustible es gas natural. La caldera 1 (en la imagen 4) tiene una potencia útil de 188kW en plena carga de gas natural, lo que da un caudal calorífico de 210kW. La caldera 2, cuyo uso es exclusivamente en invierno, tendría casi el doble de dimensiones (potencia útil de 326kW y caudal calorífico de 359 kW). La marca de ambas calderas es Vitogas 050, tipo GS0.



Imagen 2 -7: Fotografías de la sala de calderas (**Fuente:** Realización propia)

La caldera es de cámara cerrada. Como se aprecia en la imagen la combustión se realiza en una cámara cerrada dentro de la caldera y esta sigue un circuito estanco. Como se observa en la imagen las tuberías de mayor diámetro salen y entran del exterior, quiere decir que tanto la alimentación de aire y la extracción de humos se realiza desde y hacia la salida de la sala de calderas. Esto tiene sus ventajas ya que en términos de seguridad se previenen riesgos de intoxicación por gases de

combustión. La entrada y salida de humos es forzada y se realiza a través de la chimenea del edificio compuesto por dos tubos concéntricos. Por el tubo interior se extraen los gases de combustión y por el tubo exterior se introduce el aire de admisión.

Como se puede observar en el esquema de principio de la instalación la caldera 2 se usa para calefacción y la caldera 1 se usa para ACS. La caldera 2 mueve un circuito cerrado de agua que va a los radiadores de los 36 apartamentos que alimenta esta caldera. La caldera 1 mueve también un circuito cerrado de agua que a través de un intercambiador de calor calienta el agua del circuito de ACS y que posteriormente se almacena en los acumuladores a una presión de entre 5-8 bares. Aunque siempre hay una bomba de recirculación funcionando para mantener el circuito de ACS caliente. Esto se consigue con una válvula antiretorno para que no se mezcle con el agua fría proveniente del Canal.

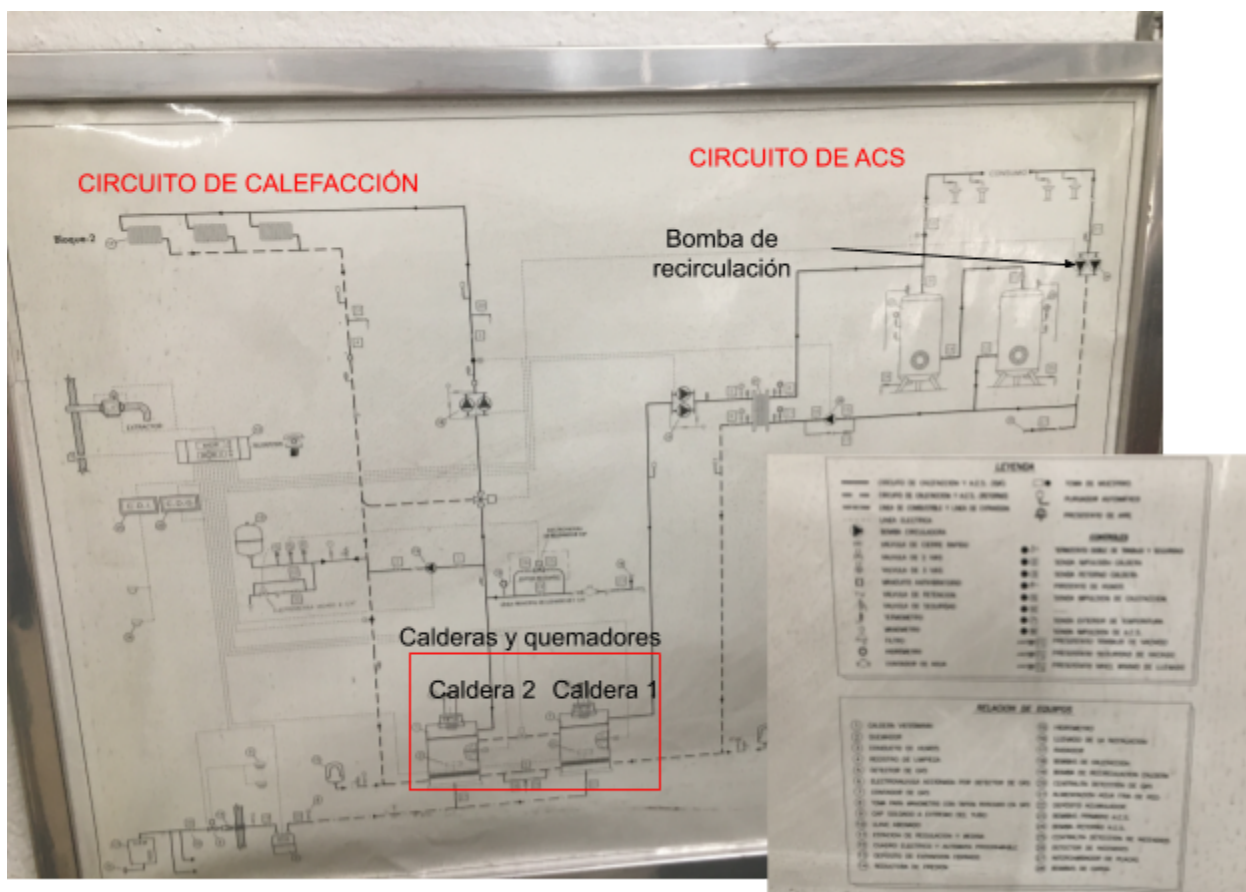


Imagen 9: Esquema de principio de instalación de calefacción y ACS con generadores con quemador atmosférico

EVALUACIÓN DE LA CALDERA

Una vez descrita la caldera, atendiendo a las diferentes categorías en que se puede clasificar, es momento de evaluarla y determinar si se trata de la mejor opción para el uso al que está destinada. El análisis a realizar se centra en cuatro puntos de vista principales, a saber, el económico, el referente a la obsolescencia de la caldera, así como la calidad de su funcionamiento y la sensación de confort que proporciona.

ANÁLISIS ECONÓMICO

Para el análisis económico no disponemos de los datos adecuados para realizar el estudio. Sin embargo, a partir de la tabla 1 (datos de consumo generales por tipo de consumo) y la tabla 2 (datos de consumo por bloque), ambas referidas a datos del 2019, podemos realizar una extrapolación para los datos por tipo de consumo del bloque II - tabla 3.

Tipo consumo	Gastos (€)
Agua fria	30.775,34 €
Agua caliente	41.963,20 €
Calefacción	77.931,65 €

Tabla 1: Datos de consumo generales

Bloque	Gastos (€)
Bloque I	48.853,25(€)
Bloque II	50.720,54(€)
Bloque III	51.096,40(€)

Tabla 2: Datos de consumo generales por bloque

Tipo consumo	Gastos (€)	Gas natural (€)
Agua fria	10.359,99€	0
Agua caliente	14.126,19€	10.795,26€
Calefacción	26.234,36€	26.234,36€

Tabla 3: Extrapolación al Bloque II

Por otro lado conocemos que la facturación de gas de 2019 ha sido de 110k€. Entendemos que el coste de la calefacción en su totalidad es por el consumo de gas. Para el agua caliente si realizamos cálculos, los costes se deben en un 75% al gas natural. Por tanto, el consumo total debido al gas natural en el bloque II ha sido 37.029,62€. Teniendo en cuenta que el m³ de gas natural en el 2019 ha tenido un precio medio de 4,1823 € para nuestra comunidad entonces hemos consumido 8.853,97 m³ durante todo el año. Eso hace 24,25 m³ de gas natural al día (aunque el consumo en invierno es 3 veces el de verano).

OBSOLESCENCIA DE LA CALDERA

No conocemos la edad de la caldera, pero sabemos que la edad de los acumuladores es de 1990. Sí que sabemos que fueron instalados antes de 2006 según lo comentado por el conserje de la comunidad. Hemos comprobado la existencia de esta caldera dentro del página web del fabricante y distribuidor Viessmann <<https://www.viessmann.es/>> y no hemos encontrado la caldera a la venta actualmente. Sin embargo, sí que existen todavía empresas que siguen dando servicio a la comunidad como la empresa Vecusa.

Como se puede observar en la imagen 7 los acumuladores sí que presentan cierto desgaste exterior, fruto de posibles fugas del circuito que hayan sido reparadas. Sin embargo las calderas no han dado problemas de funcionamiento en los últimos 14 años (el tiempo que lleva el conserje de la comunidad con nosotros).

CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO Y SENSACIÓN DE CONFORT

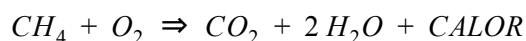
La calidad del funcionamiento es muy buena. Aporta a cada uno de los apartamentos agua caliente en todo momento se encuentre donde se encuentre. Es verdad que no es del todo cierto, dado que por las mañanas, existen unos 2 minutos de espera antes que salga agua caliente cuando uno se ducha por las mañanas, pero esto se debe al agua almacenada en las tuberías que no pertenece al circuito de recirculación (la conexión desde cada casa al circuito de recirculación).

A pesar de ello como se adjunta en el informe en el Anexo 1 existen mejoras a realizar en la conexión de los acumuladores. Es posible que mejore el funcionamiento y que los intercambiadores reduzcan sus horas de funcionamiento si se conectan los depósitos en paralelo y no en serie como están actualmente.

La sensación de confort es correcta en todo momento en lo que al ACS se refiere, el circuito de recirculación hace que tengamos disponible agua caliente las 24h del día. Sin embargo, en lo que a la calefacción se refiere, el sistema está automatizado. Se activa a ciertas horas del día y se apaga a otras. No se consigue realmente una sensación de confort durante todo el día y no existen termostatos que regulan la temperatura de la casa, por lo que se debe hacer manualmente cuando la calefacción está encendida y a las horas que está apagada pues abrigarse es la única opción.

ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL

La combustión del gas natural (si aproximamos el gas natural a metano, lo es en un 70-90%) tiene la siguiente reacción química:



Entendemos que la conversión del gas natural es de un 80%. No conocemos la temperatura de combustión y por lo tanto no conocemos la eficiencia de combustión que puede rondar entre los 75-85% para temperaturas de entre 150-350 °C. Por lo que supondremos un 80% de eficiencia y por tanto de conversión del gas natural.

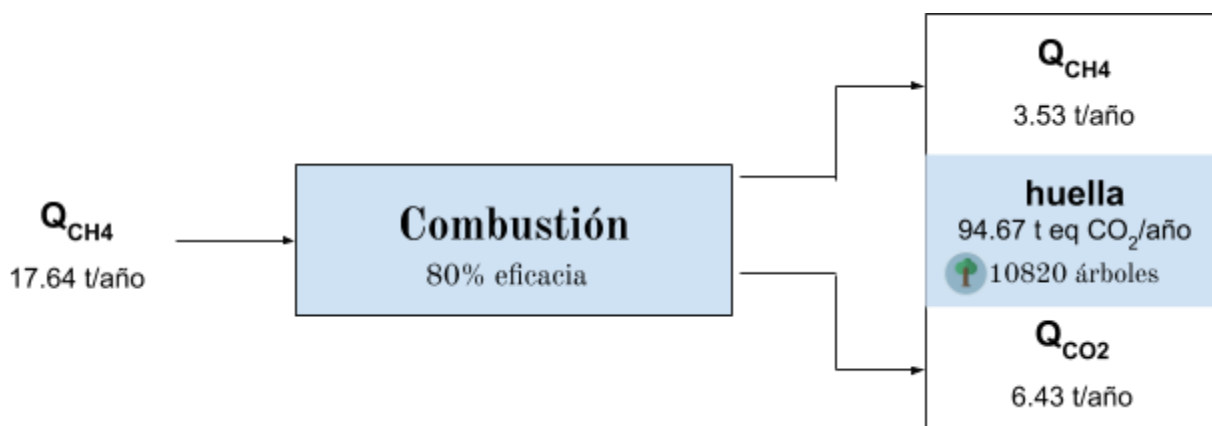


Imagen 10: Esquema de huella ecológica (**Fuente:** realización propia)

Si analizamos la huella ecológica de todo el complejo como se muestra y como se muestra en la imagen 10: sabiendo que anualmente se consume 8.853,97 m³ de gas natural y aproximándolo a metano sabemos que entran a la combustión 17.64 t al año de CH₄. Considerando un 80% de eficacia se emiten a la atmósfera 3.54 t de metano y 6.43 t de CO₂. Si lo convertimos a toneladas equivalentes y hacemos cálculo observamos, como se muestra en la imagen 10, se emiten 94.67 t eq de CO₂ a la atmósfera cada año. Lo que haría falta aproximadamente 27.05 ha de árboles (o 10820 árboles) para absorber nuestra huella ecológica¹.

¹ “Una tonelada de carbono en la madera de un árbol ó de un bosque, equivale a 3.5 toneladas aprox. de CO₂ atmosférico. <...> . Es posible entonces asumir 100 ton. de carbono capturado por hectárea, equivalente a 350 ton. de CO₂ por hectárea en 100 años”
<[https://www.textoscientificos.com/node/887#:~:text=Una%20tonelada%20de%20carbono%20en,toneladas%20aprox.%20de%20CO2%20atmosf%C3%A9rico.&text=Entonces%20la%20captura%20de%20carbono,por%20persona%20\(Banco%20Mundial\)>](https://www.textoscientificos.com/node/887#:~:text=Una%20tonelada%20de%20carbono%20en,toneladas%20aprox.%20de%20CO2%20atmosf%C3%A9rico.&text=Entonces%20la%20captura%20de%20carbono,por%20persona%20(Banco%20Mundial)>)>

CONCLUSIONES

A lo largo del trabajo se ha podido estudiar la caldera de la vivienda del estudiante y los sistemas que van conectados a ellas. Se trata de una edificación relativamente moderna de menos de 25 años y cuyas calderas tienen entre 14-25 años. Es cierto que ya ha habido cambios de tuberías y mantenimientos a realizar en los circuitos de agua caliente sanitaria pero actualmente las calderas siguen en buen estado y funcionan correctamente. Están adecuadamente dimensionada y proporcionan correctamente el calor necesario tanto al circuito de calefacción como al circuito de agua caliente sanitaria. El sistema proporciona altas prestaciones a nivel de confort y servicio y a pesar de ser una instalación relativamente grande para la aplicación residencial su funcionamiento es adecuado.

El sistema de ACS cumple con los requerimientos de HE 4 como por ejemplo con la incorporación de un circuito de recirculación para asegurar minimizar el consumo de agua. El uso de los interacumuladores de 2500 litros está correctamente dimensionado si estimamos el número de personas que habitan en el bloque. En cuanto al sistema de calefacción cabe destacar la instalación del sistema por radiadores en la pared es una solución más barata en coste pero que confiere unas bajas prestaciones de confort y menor ahorro energético con respecto a una instalación con calefacción por suelo.

Es cierto que medioambientalmente es una solución con bastante impacto negativo y se podrían encontrar soluciones con captadores solares más ecológicas, sin embargo, cabe destacar que una solución de calderas independientes por cada edificio o incluso por apartamento sería mucho menos ecológica ya que sería mucho menos eficiente.

REFERENCIAS

[1] Datos de consumo de la comunidad de estudio

[2] Página web de Viessman

<<https://www.viessmann.es/>> Consultado el 10/06/2020.

[3] Secuestro de carbono

<[> Consultado el 10/06/2020.](https://www.textoscientificos.com/node/887#:~:text=Una%20tonelada%20de%20carbono%20en,toneladas%20aprox.%20de%20CO2%20atmosf%C3%A9rico.&text=Entonces%20la%20captura%20de%20carbono,por%20persona%20(Banco%20Mundial))

[4] Densidad del metano

<https://eu.linde-gas.com/products/gascalculator_es.php> Consultado el 10/06/2020.

[5] Eficiencia de la combustión del metano

<http://www.metrogas.cl/industria/asesoria_tecnica_1> Consultado el 10/06/2020.

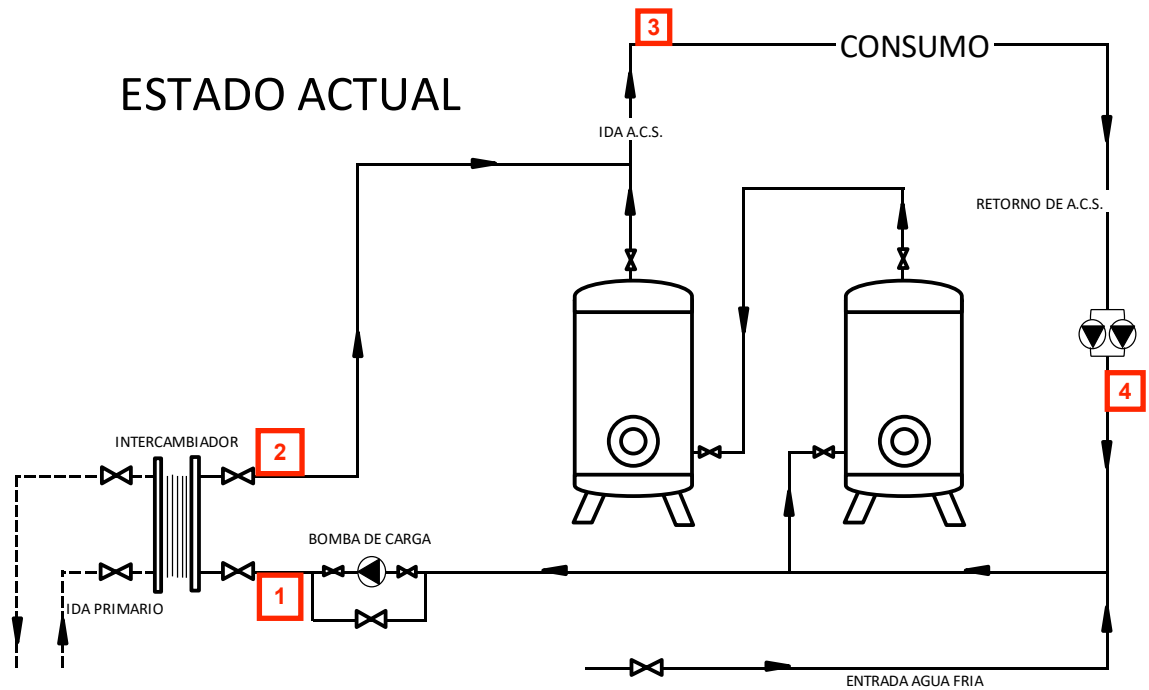
[6] Propuesta de mejora de la conexión de los acumuladores - Vecusa

ANEXO 1 - ESTUDIO DE VECUSA

EUROPA 12 - SALA 2 TOMA PREVIA DE TEMPERATURAS						
Situación de sondas:			1 - IN Int. sec.	2 - OUT Int. sec.	3 - Imp. a consumo	4 - Retorno
			M ₁ - B ₂	M ₁ - B ₂	M ₂ - B ₁	M ₂ - B ₂
TRAMO	FECHA	HORA	ENTRADA INT.	SALIDA INT.	IDA A.C.S.	RETORNO A.C.S.
1	24-2-20	6:20	57,50	64,50	66,00	59,00
1	25-2-20	6:15	59,50	60,00	60,00	59,00
1	26-2-20	6:15	57,00	57,50	57,50	58,00
1	26-2-20	6:20	56,50	58,00	58,00	58,00
2	24-2-20	8:15	56,00	57,00	56,50	63,50
2	25-2-20	8:30	53,50	58,00	59,50	59,50
2	26-2-20	8:30	51,50	54,00	52,50	55,50
3	21-2-20	14:45	51,50	62,50	63,00	54,00
3	24-2-20	12:45	57,50	63,00	64,00	57,50
3	24-2-20	15:30	50,10	59,50	60,50	58,00
3	25-2-20	12:40	54,00	54,50	54,50	52,00
3	25-2-20	15:30	57,50	65,00	66,00	58,00
3	26-2-20	12:15	58,00	58,50	58,50	64,00
3	26-2-20	15:15	56,50	57,20	58,00	61,00
4	21-2-20	16:30	57,50	57,50	58,00	60,50
4	24-2-20	17:45	58,50	61,00	62,00	59,00
4	25-2-20	17:45	59,00	65,00	65,50	58,00
4	26-2-20	17:00	58,50	59,50	59,50	57,00
ANÁLISIS DE MEDICIÓN						
Valores medios			56,12	59,57	59,97	58,42
Desv. estandar			2,80	3,34	3,84	2,90
Valor máximo			59,50	65,00	66,00	64,00
Valor mínimo			50,10	54,00	52,50	52,00
Intervalo			9,40	11,00	13,50	12,00

EUROPA 12 - SALA 2 TOMA POSTERIOR DE TEMPERATURAS						
Situación de sondas:			1 - IN Int. sec.	2 - OUT Int. sec.	3 - Imp. a consumo	4 - Retorno
			M ₁ - B ₂	M ₁ - B ₂	M ₂ - B ₁	M ₂ - B ₂
TRAMO	FECHA	HORA	ENTRADA INT.	SALIDA INT.	IDA A.C.S.	RETORNO A.C.S.
1	4-3-20	6:30	49,00	56,00	61,00	58,00
1	4-3-20	8:30	41,50	59,50	60,50	57,50
1	5-3-20	6:30	44,50	65,00	61,00	64,00
1	5-3-20	8:30	37,50	55,50	60,50	62,50
1	6-3-20	6:30	47,50	63,50	61,00	64,00
1	6-3-20	8:30	42,00	62,00	60,50	63,00
1	9-3-20	6:30	57,50	66,50	61,00	63,00
1	9-3-20	8:30	42,50	60,00	60,50	63,00
2	4-3-20	12:00	52,00	62,00	60,50	57,00
2	5-3-20	12:00	50,00	50,50	61,00	63,00
2	6-3-20	12:00	56,50	57,50	61,00	64,00
2	9-3-20	12:00	46,50	66,00	61,00	63,50
3	4-3-20	15:30	53,00	64,00	61,00	63,50
3	5-3-20	15:30	52,00	67,00	61,00	63,50
3	6-3-20	15:30	51,00	58,50	61,00	64,00
3	9-3-20	15:30	54,00	65,50	61,00	64,00
4	4-3-20	17:30	54,00	62,00	61,00	64,00
4	5-3-20	17:30	54,00	62,50	61,00	64,00
4	6-3-20	17:30	56,50	58,50	61,00	63,50
4	9-3-20	17:30	51,50	57,00	61,00	64,00
ANÁLISIS DE MEDICIÓN						
Valores medios			49,65	60,95	60,88	62,65
Desv. estandar			5,64	4,34	0,22	2,27
Valor máximo			57,50	67,00	61,00	64,00
Valor mínimo			37,50	50,50	60,50	57,00
Intervalo			20,00	16,50	0,50	7,00

ESQUEMA N°1



ESQUEMA N°2

