



Laboratorio de Ingeniería Sostenible

ETS Ingenieros de Caminos  
Campus de Elviña, s/n  
ES 15071 A CORUÑA

lab.ing.sostenible@lis.edu.es

# GESTIÓN SOSTENIBLE DEL EDIFICIO DE LA E.T.S. INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE LA UNIVERSIDADE DA CORUÑA

## AUDITORÍA ENERGÉTICA



## GESTIÓN SOSTENIBLE DEL EDIFICIO DE LA E.T.S. INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE LA UNIVERSIDADE DA CORUÑA. AUDITORÍA ENERGÉTICA.

### 1. Introducción

### 2. Metodología de trabajo

#### 2.1. Descripción del edificio auditado

##### 2.1.1. Alcance de la auditoría

###### 2.1.1.1. Edificio

###### 2.1.1.2. Usuarios

##### 2.1.2. Tratamiento de planos

##### 2.1.3. Inventario de dependencias del Centro

#### 2.2. Diseño de formularios

##### 2.2.1. Ámbitos de análisis

###### 2.2.1.1. Habitabilidad

###### 2.2.1.2. Climatización

###### 2.2.1.2.1. Calefacción: sistema de producción

###### 2.2.1.2.2. Análisis de la combustión en calderas

###### 2.2.1.2.3. Calefacción-potencia de emisores

###### 2.2.1.2.4. Calefacción-gasto anual

###### 2.2.1.2.5. Envolvente térmica del edificio

###### 2.2.1.3. Iluminación

###### 2.2.1.3.1. Alumbrado interior

###### 2.2.1.3.2. Alumbrado exterior

###### 2.2.1.3.2.1. Alumbrado exterior: fachada

###### 2.2.1.3.2.2. Alumbrado exterior: viales

###### 2.2.1.3.2.2.1. Cuadros alumbrado exterior-inventario

###### 2.2.1.3.2.2.2. Cuadros alumbrado exterior-características

###### 2.2.1.3.2.2.3. Luminarias por cuadro

###### 2.2.1.3.2.2.4. Datos de viales y disposición del alumbrado

###### 2.2.1.3.2.2.5. Parámetros luminotécnicos calculados y medidos

###### 2.2.1.4. Energía eléctrica

###### 2.2.1.4.1. Facturación eléctrica por contrato del edificio

###### 2.2.1.4.2. Facturación eléctrica-consumo de energía

###### 2.2.1.4.3. Registro y mediciones eléctricas

### 3. Diagnóstico

#### 3.1. Situación actual del edificio e instalaciones de alumbrado en su zona de influencia

##### 3.1.1. Indicadores

###### 3.1.1.1. Indicadores del Centro

###### 3.1.1.2. Indicadores del alumbrado público

### 4. Avance de soluciones

### 5. Anexos

### 1. Introducción

La Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidade da Coruña es una de las entidades adheridas al Proyecto Practise Energy que se está desarrollando en diferentes lugares de toda Europa y en la ciudad de A Coruña con el fin de hacer un uso más inteligente de las fuentes de energía disponibles, para que redunde en el ahorro, la mejora del medio ambiente y en una mejora de la calidad de vida en general.

Este es el motivo por el cual la actual Dirección de la Escuela ha decidido desarrollar una auditoría de gestión energética de sus propias instalaciones para fomentar el concepto de “sostenibilidad” entre profesores, PAS y alumnos de la Escuela así como en la Comunidad Universitaria en general.

El proyecto ha sido financiado por la Fundación de la Ingeniería Civil de Galicia y desarrollado por LIS (Laboratorio de Ingeniería Sostenible), siendo dirigido por Juan Cagiao Villar, Xosé Manuel Acuña y Jesús Giz Novo. Los alumnos Miriam López López y Javier González Cajiao son los becarios contratados para el desarrollo de los trabajos.

El proyecto de auditoría se ha centrado principalmente en la optimización de la factura energética mediante el estudio de la climatización (calefacción y refrigeración), y el alumbrado interior y exterior adyacente al Centro. Por tanto, se busca reducir el consumo energético a la vez que mejorar el confort de sus usuarios mediante propuestas de actuación a corto y medio plazo priorizando aquellas inversiones con un menor periodo de retorno.

El edificio de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UdC está situado en el Campus de Elviña, dispone de una superficie útil de unos 12.000 m<sup>2</sup> divididos en más de 250 estancias con gran heterogeneidad y tiene una capacidad para aproximadamente unos 1.500 usuarios potenciales. En el edificio se imparten las titulaciones universitarias de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos e Ingeniería Técnica de Obras Públicas (especialidad de construcción civil), el postgrado oficial de Ingeniería del Agua y el Programa de Doctorado de Ingeniería Civil, además de realizarse otras actividades relacionadas con el ámbito de la Ingeniería Civil y la docencia e investigación universitaria.

La auditoría se encuentra actualmente en desarrollo y ya se ha recopilado un gran volumen de datos en varios ámbitos como los referentes al sistema de calefacción, el alumbrado, o el estudio de habitabilidad, diferenciando entre una campaña de verano (2009) y otra de invierno (2009-2010) de modo que se pueda caracterizar el comportamiento del edificio durante todo el año. En breve se realizarán también las mediciones en cuadros eléctricos, el estudio de transmitancia térmica de los cerramientos y el estudio de la facturación energética.

Toda esta información será necesaria para diagnosticar con precisión cuales son las oportunidades de mejora que presenta el edificio en cada uno de los apartados energéticos y evaluarlos tanto individual como integralmente, para proponer las mejores soluciones de ahorro y eficiencia energética.

## 2. Metodología de trabajo

Para el estudio energético del edificio se han considerado los ámbitos de habitabilidad, climatización, iluminación interior, alumbrado exterior y consumo eléctrico, que se exponen a continuación por separado pero deben ser entendidos de manera integral para proponer mejoras que sumen siempre en la misma dirección.

### 2.1. Descripción del edificio auditado

La Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos está situada en el Campus Universitario de Elviña de A Coruña.



Vista lateral del edificio de la ETSI Caminos, Canales y Puertos de la UdC



Ubicación geográfica de la E.T.S.I. de Caminos, Canales y Puertos de la UdC

#### 2.1.1. Alcance de la auditoría

##### 2.1.1.1. Edificio

El edificio de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad da Coruña se encuentra en el Campus de Elviña en A Coruña. Dispone de una superficie útil de unos 12.000 m<sup>2</sup> distribuidos en 4 plantas, y a su vez en dos alas, en las que se desarrollan las actividades propias de la escuela: docente, divulgativa, investigadora, administrativa y profesional.



*Planta semisótano - laboratorios de investigación*



*Planta baja: administración; cafetería, laboratorios docentes, salón de actos...*



*Planta primera: aulas, biblioteca*



*Planta segunda: despachos de profesores*

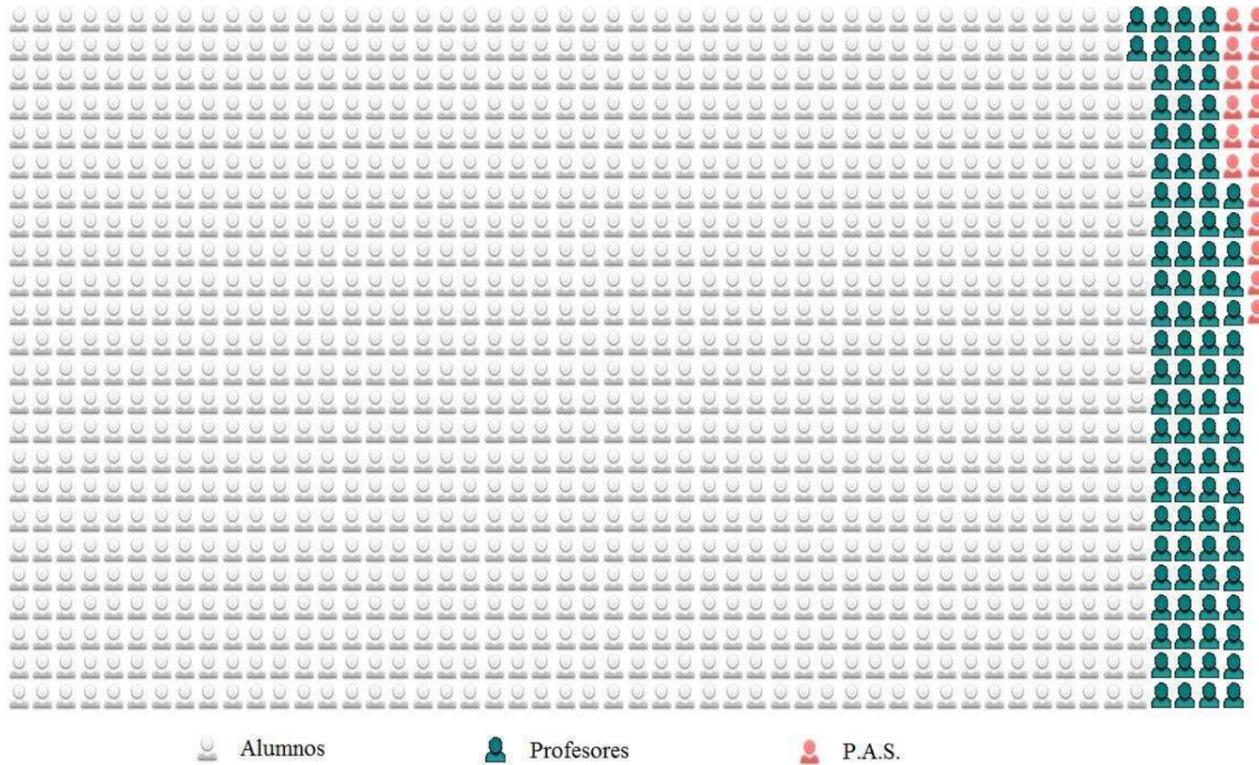


*Espacios de circulación*

### 2.1.1.2. Usuarios

En la escuela estudian unos 1.150 alumnos distribuidos en las titulaciones de Ingeniero de Caminos Canales y Puertos, Ingeniero Técnico de Obras Públicas, el postgrado de Ingeniería del Agua y el Programa de Doctorado de Ingeniería Civil.

Imparten la docencia unos 100 profesores y trabajan como personal de administración y servicios unas 20 personas.



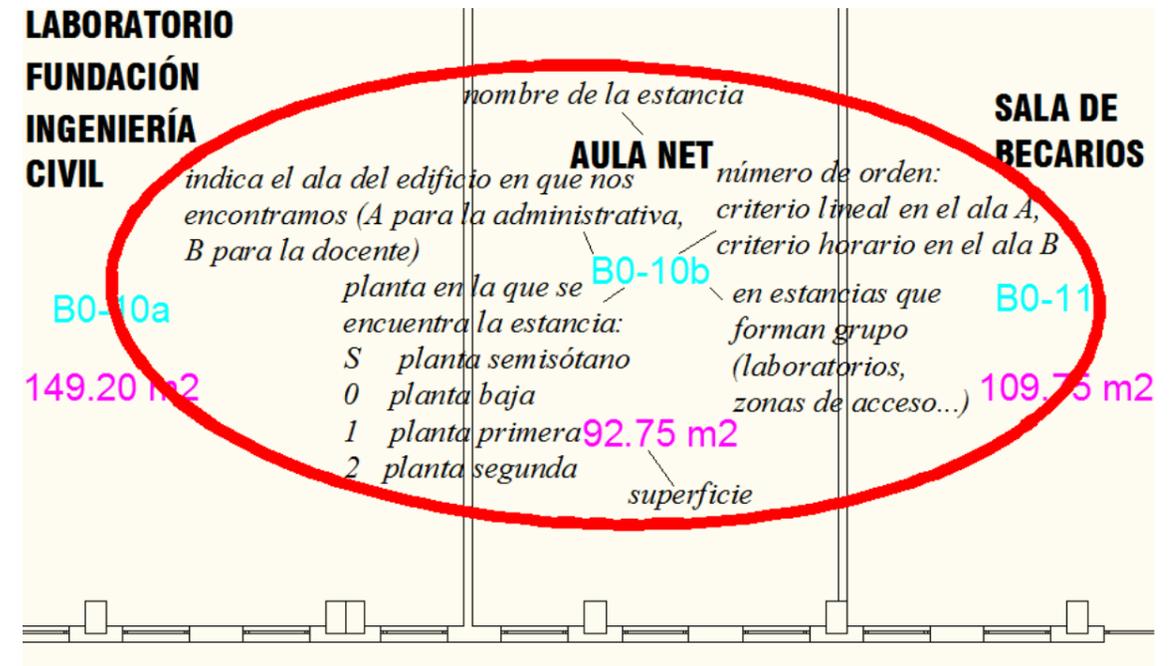
Además se realizan en la escuela otras actividades de carácter divulgativo de la ingeniería civil por lo que es habitual que el número de usuarios se incremente durante ponencias, conferencias, presentación de proyectos de fin de carrera...

### 2.1.2. Tratamiento de planos

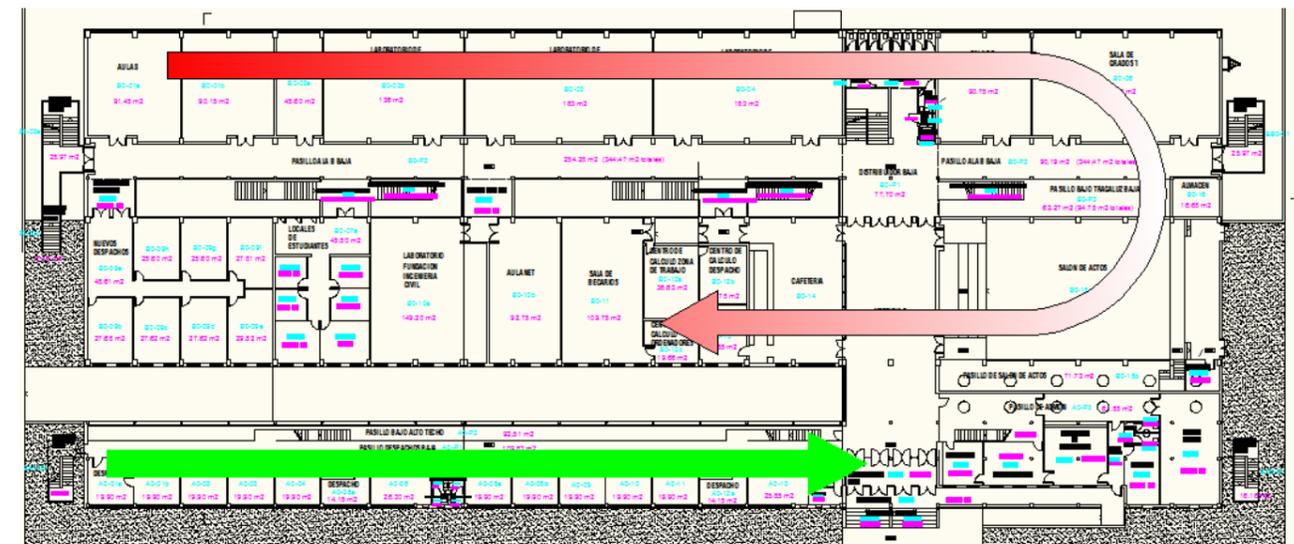
Para realizar una gestión ordenada del gran volumen de información que conlleva la auditoría se ha clasificado la totalidad del edificio por estancias, tomando como plano base para esta distribución el levantamiento del año 2006 de la Vicerreitoría de Infraestructuras e Xestión Ambiental de la UdC en formato digital, que se ha actualizado para reflejar los últimos cambios habidos en el edificio.

Este plano incluye para cada estancia su denominación, su superficie y su codificación; para ésta última se ha procedido de la siguiente manera: se ha respetado la codificación preexistente y para estancias sin codificar se ha aplicado el mismo criterio que se detalla a continuación.

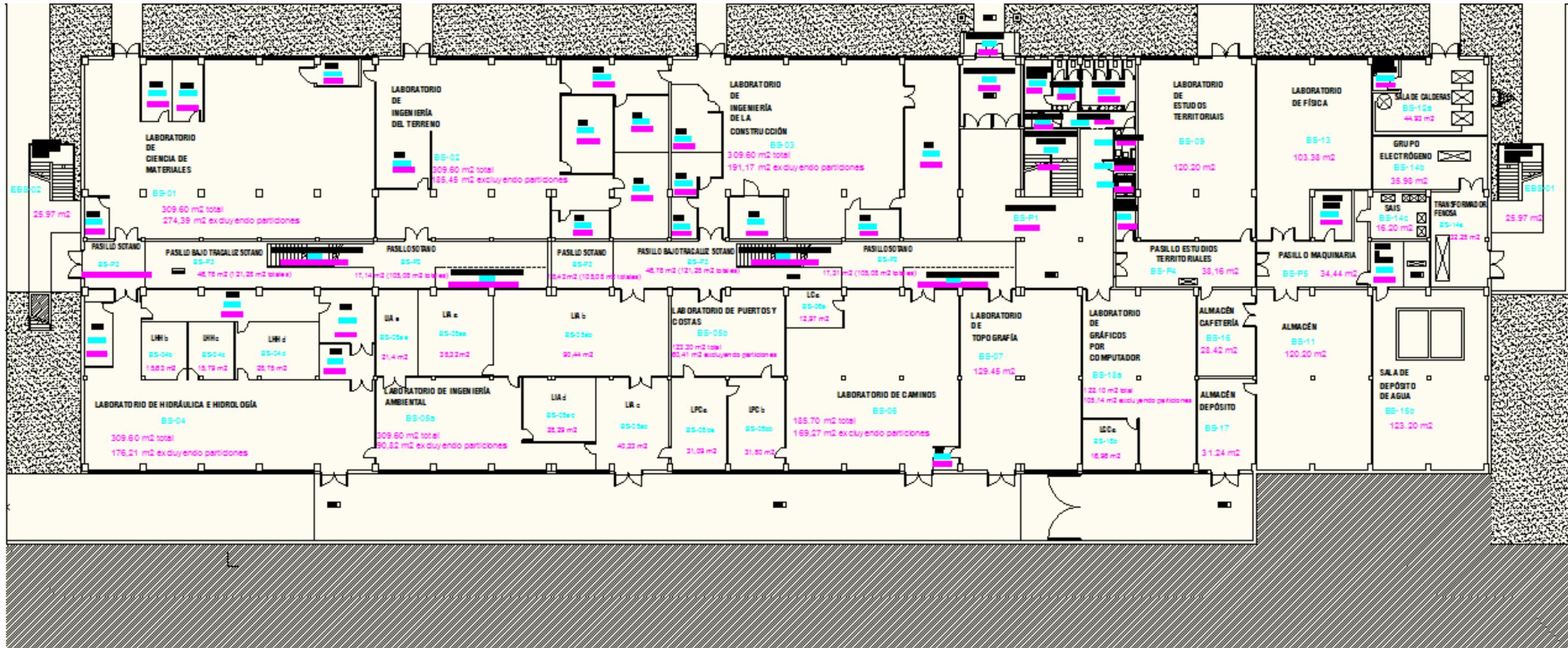
Los primeros dos dígitos referencian respectivamente el ala y la planta en la que se encuentra la estancia, tras el guión sigue el número de orden de la estancia dentro de la propia planta y por último se acompaña de una letra a mayores en orden alfabético en aquellas estancias que forman un grupo.



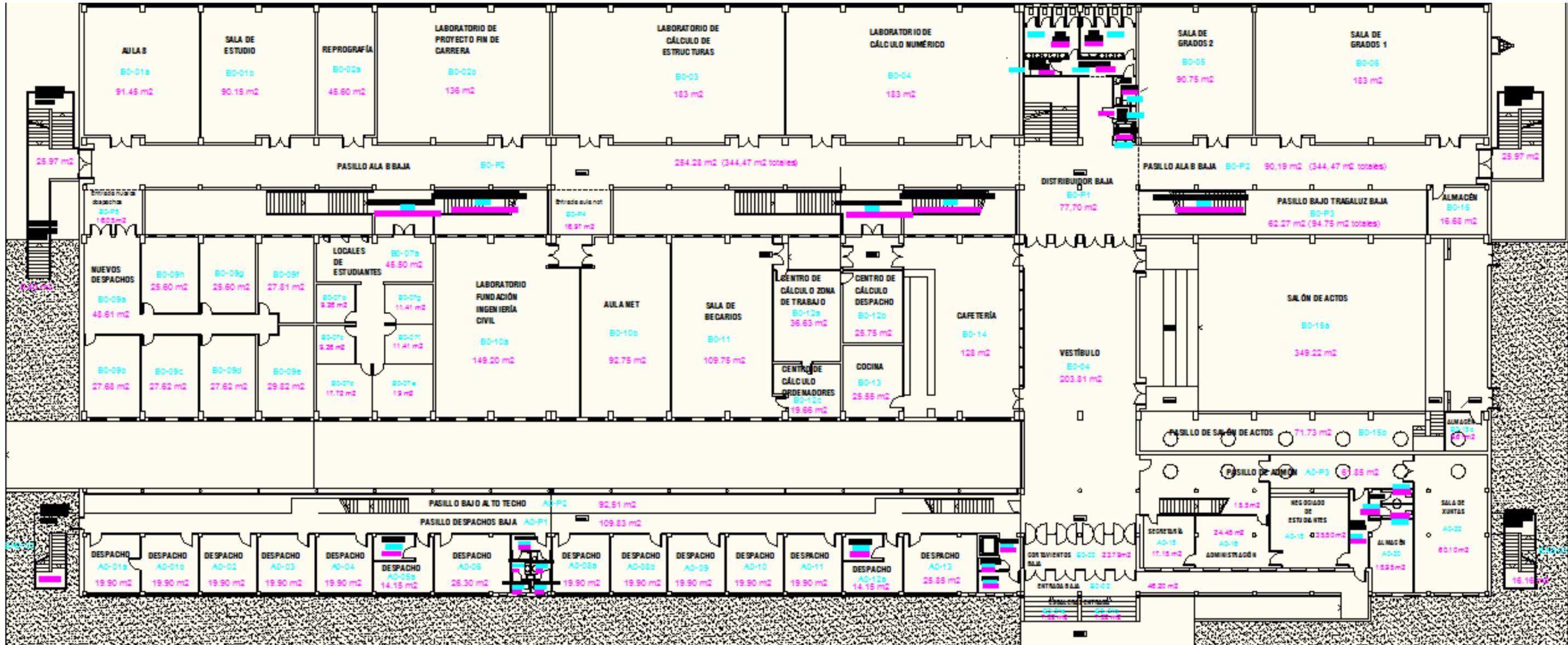
Además cada estancia está situada en correlación con las anteriores dentro de las dos alas del edificio del siguiente modo: **orden lineal en el ala A**; **sentido horario en el ala B**



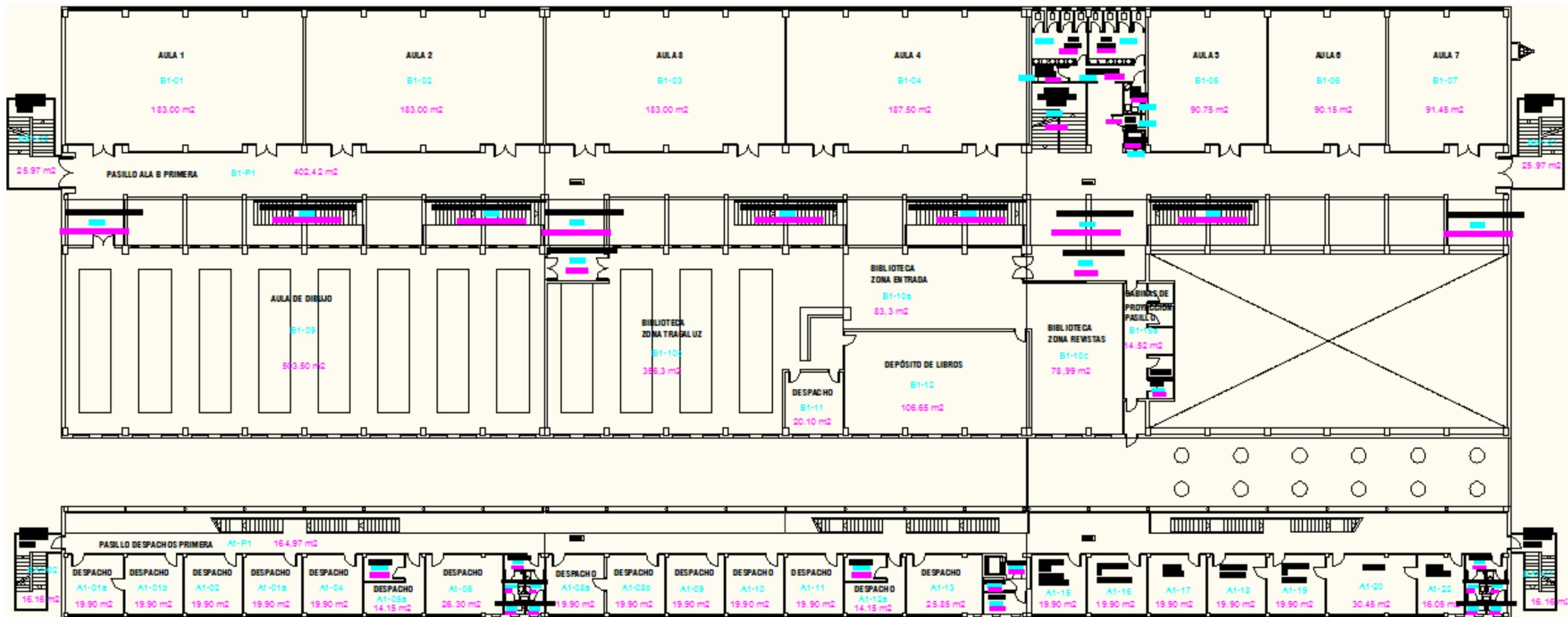
## Planta semisótano:



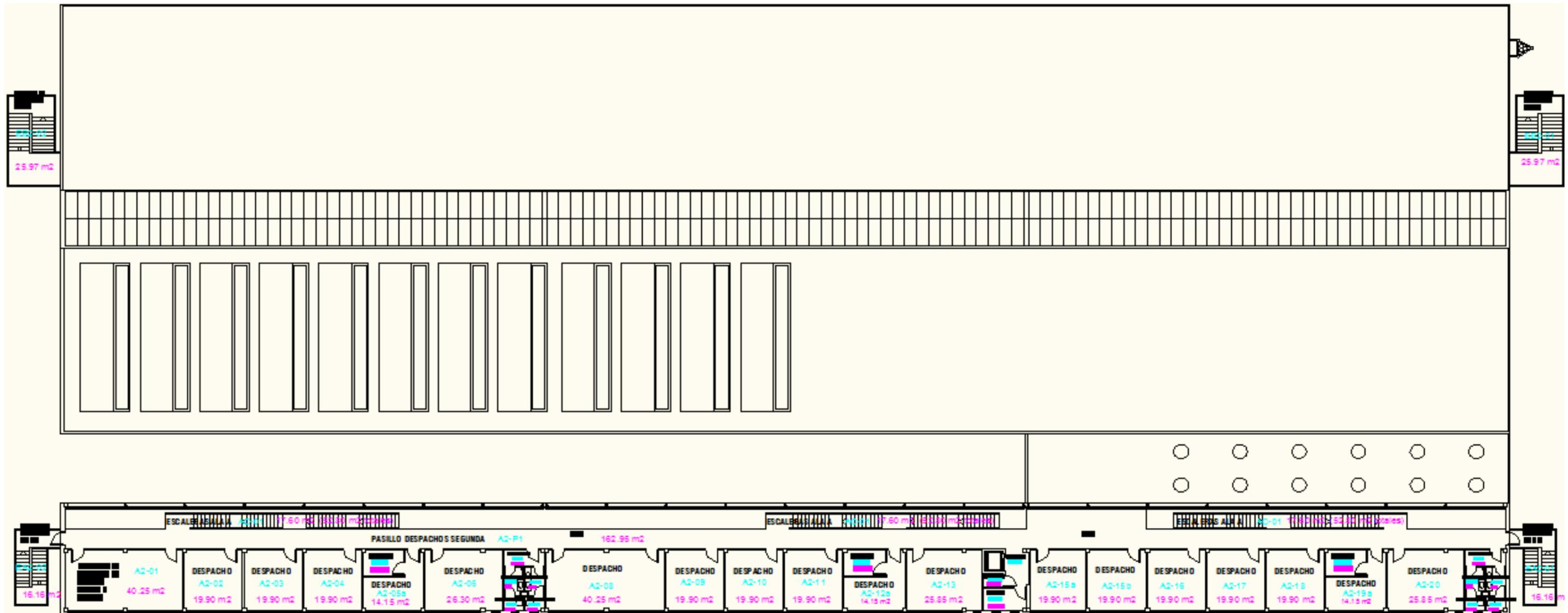
## Planta baja:



## Planta primera:



## Planta segunda:

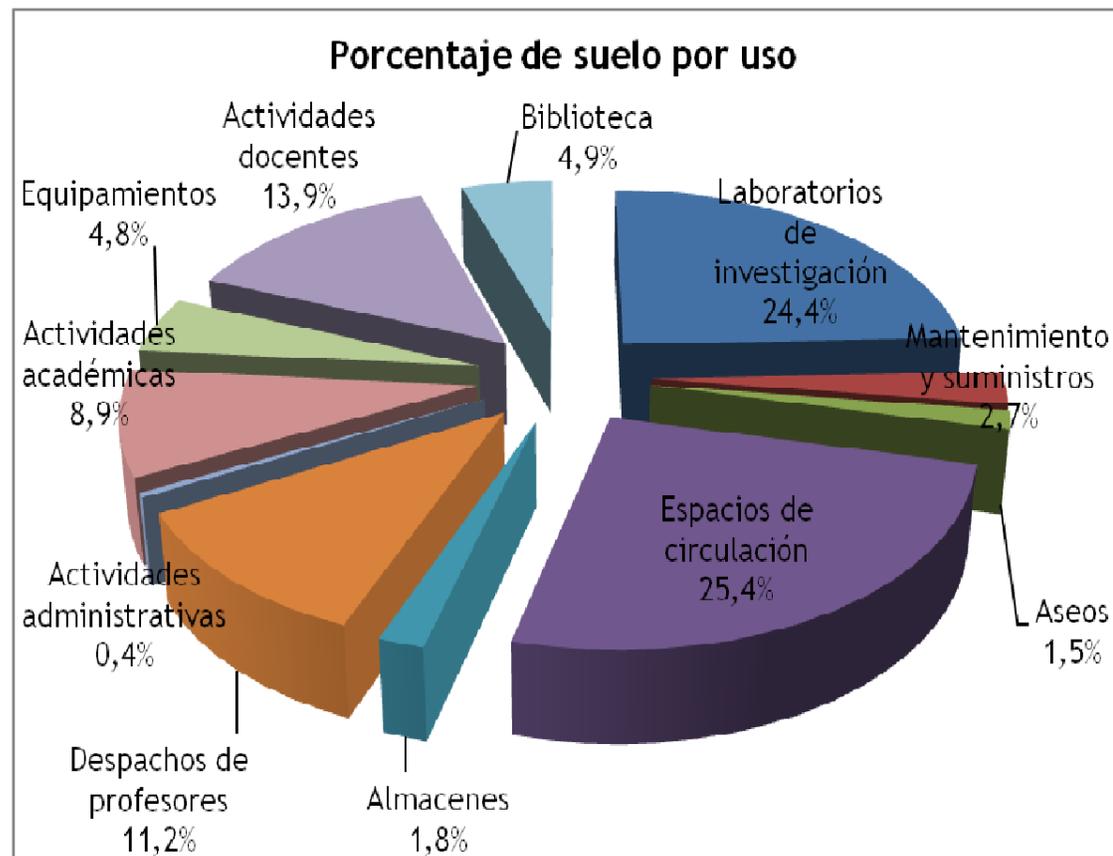


### 2.1.3. Inventario de dependencias del centro

Cada una de las estancias del edificio ha sido recogida en tablas de datos con su superficie y su uso para su posterior tratamiento en cada apartado energético. Para ello hemos considerado los siguientes usos:

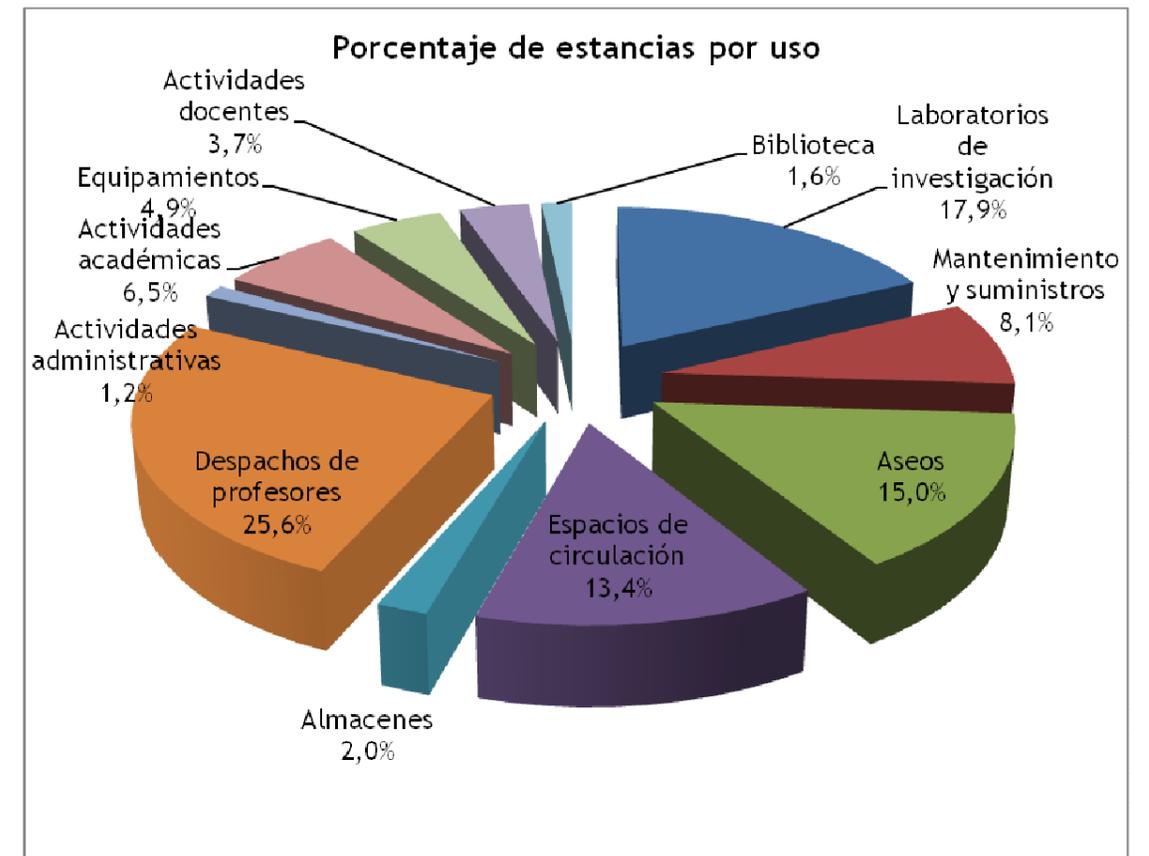
- Actividades docentes
- Actividades académicas
- Actividades administrativas
- Despachos de profesores
- Laboratorios de investigación
- Almacenes
- Mantenimiento y suministros
- Equipamientos
- Aseos
- Espacios de circulación

La distribución porcentual de cada uso en el edificio en función de la superficie es el siguiente:



Porcentajes de suelo según tipo de uso sobre un total de 11.520 m<sup>2</sup> de superficie útil

Mientras que si comparamos el uso por estancia y número de estancias sin tener en cuenta la superficie de cada una de ellas tenemos:



Reparto porcentual de estancias según tipo de uso sobre el n<sup>o</sup> total de estancias (242)

## 2.2. Diseño de formularios

Las tablas de datos de cada una de las categorías estarán contenidas en anexos en el informe final de la auditoría. De las ya realizadas podemos avanzar los siguientes resultados:

### 2.2.1. Ámbitos de análisis

#### 2.2.1.1. Habitabilidad

El objeto de este análisis es crear el ambiente idóneo para que los usuarios puedan desarrollar de manera adecuada sus actividades en el edificio; es básico para el bienestar y el rendimiento de alumnos, profesores y PAS. Para ello es necesario que los niveles de iluminación, temperatura y humedad sean los adecuados para cada actividad.

Para el registro de habitabilidad perteneciente al escenario de verano, realizado entre el 31 de Julio y el 13 de Agosto de 2009 en horarios comprendidos entre las 9 y las 14 h, se llevaron a cabo mediciones de iluminancia media mantenida, temperatura y humedad relativa, para lo cual se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se tomaron datos de todas las estancias del edificio, salvo aquellas que se consideraron análogas por tener similares dimensiones, altura y orientación y con el mismo sistema de iluminación, en las que se midieron los valores de una sola estancia y se extrapolaron los resultados al resto.
- Para las lecturas puntuales de iluminancia se empleó el luxómetro digital Tes1330a.
- El valor de la iluminancia media mantenida se calculó mediante la ponderación de medidas puntuales en mallas de 9 puntos, 4 puntos, 2 puntos y 1 punto (en función del índice del local) según lo indicado en el Código Técnico de la Edificación en la sección HE-3 sobre eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.
- Se realizaron mediciones con y/o sin iluminación natural dependiendo de la posibilidad de bloquear ésta, así como medidas del aporte único de iluminación natural a 3 m de la ventana siempre que la estancia lo permitiese.
- Para la valoración de los resultados se han comparado los valores obtenidos con los fijados como mínimos en la norma UNE 12464-1 en función del uso de la estancia y asociados al plano de medida adecuado según la clasificación que hace la norma de las estancias.



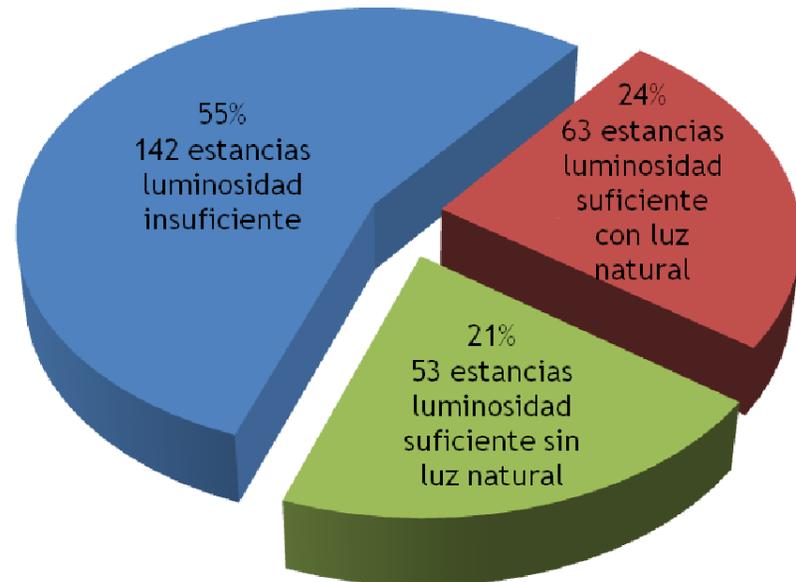
Medición de iluminancia media con luxómetro a través de malla de 9 puntos a nivel de mesa



Medición de iluminación natural a 3 metros de la ventana, Aula 2 B1-02, uso docente

El siguiente gráfico constituye en resumen de los resultados de las mediciones de luminosidad efectuadas

### Evaluación de luminosidad mínima



exigencia mínima por tipo de estancia según UNE 12464-1

Gráfico de niveles mínimos de luminosidad alcanzados por estancia

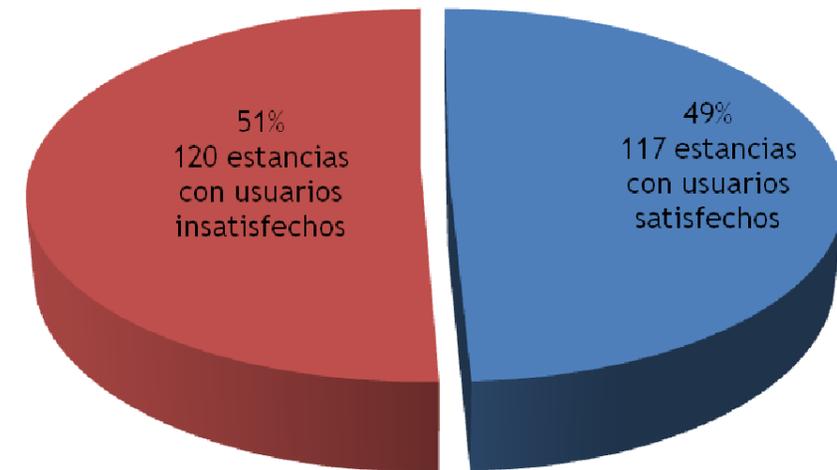
- Para determinar la temperatura y humedad relativa se empleó el medidor Testo735; se realizó una medida de ambas por cada 20 m<sup>2</sup> de superficie en cada estancia, y se calculó la media aritmética de las lecturas.



Termómetro digital Testo735

- Las mediciones por estancia de temperatura y humedad se evaluaron mediante el método de Fanger, establecido como válido para ello por la norma UNE EN ISO-7730, y según tabla del RITE

### Sensación térmica por estancia



% insatisfechos según método de Fanger en RITE

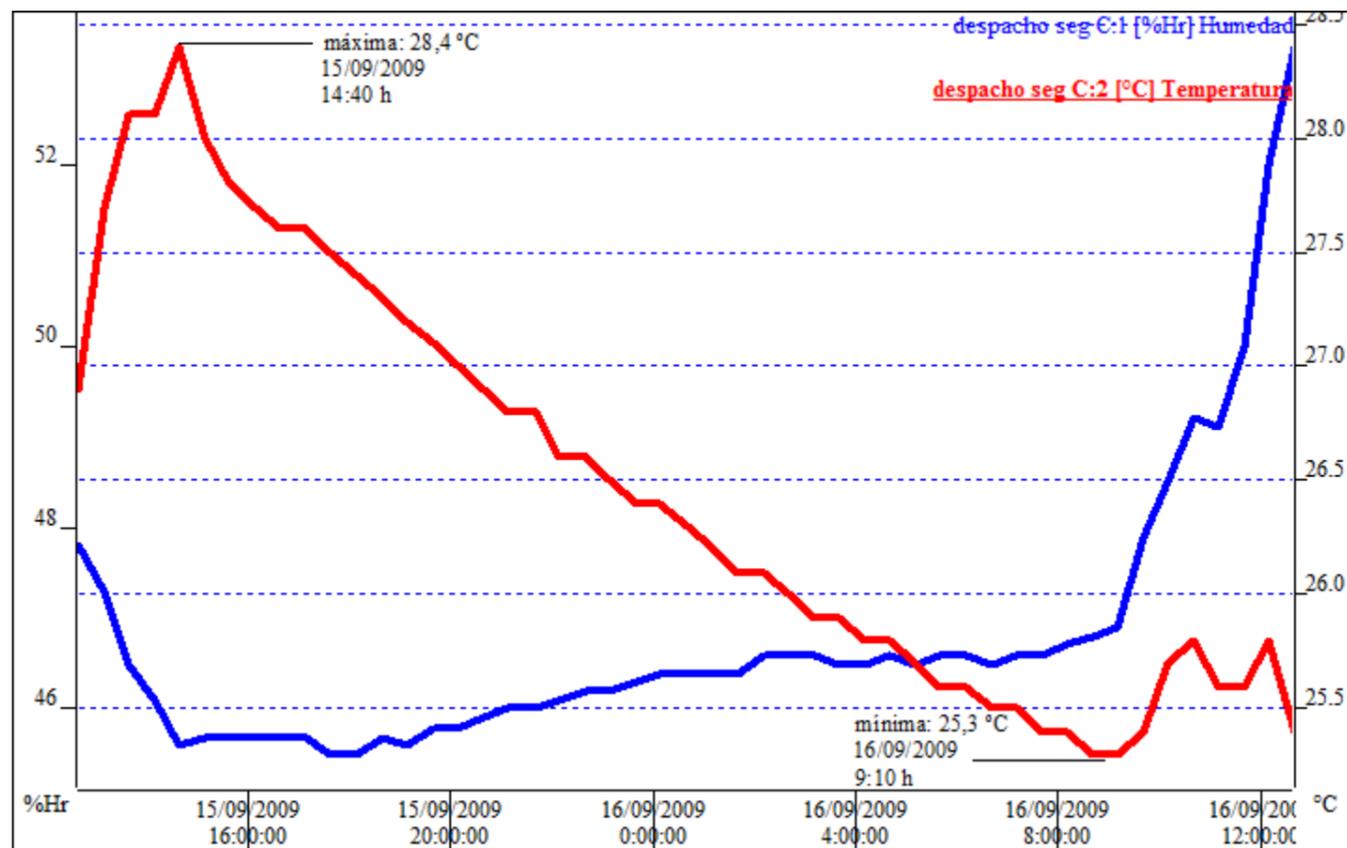
Gráfico de porcentaje de insatisfechos con las condiciones térmicas por estancia

- Se llevaron a cabo mediciones de temperatura y humedad en registro continuo en intervalos de 1 hora ó 10 minutos en la mayoría de estancias del edificio mediante el logger programable a través de software, Testo 175.



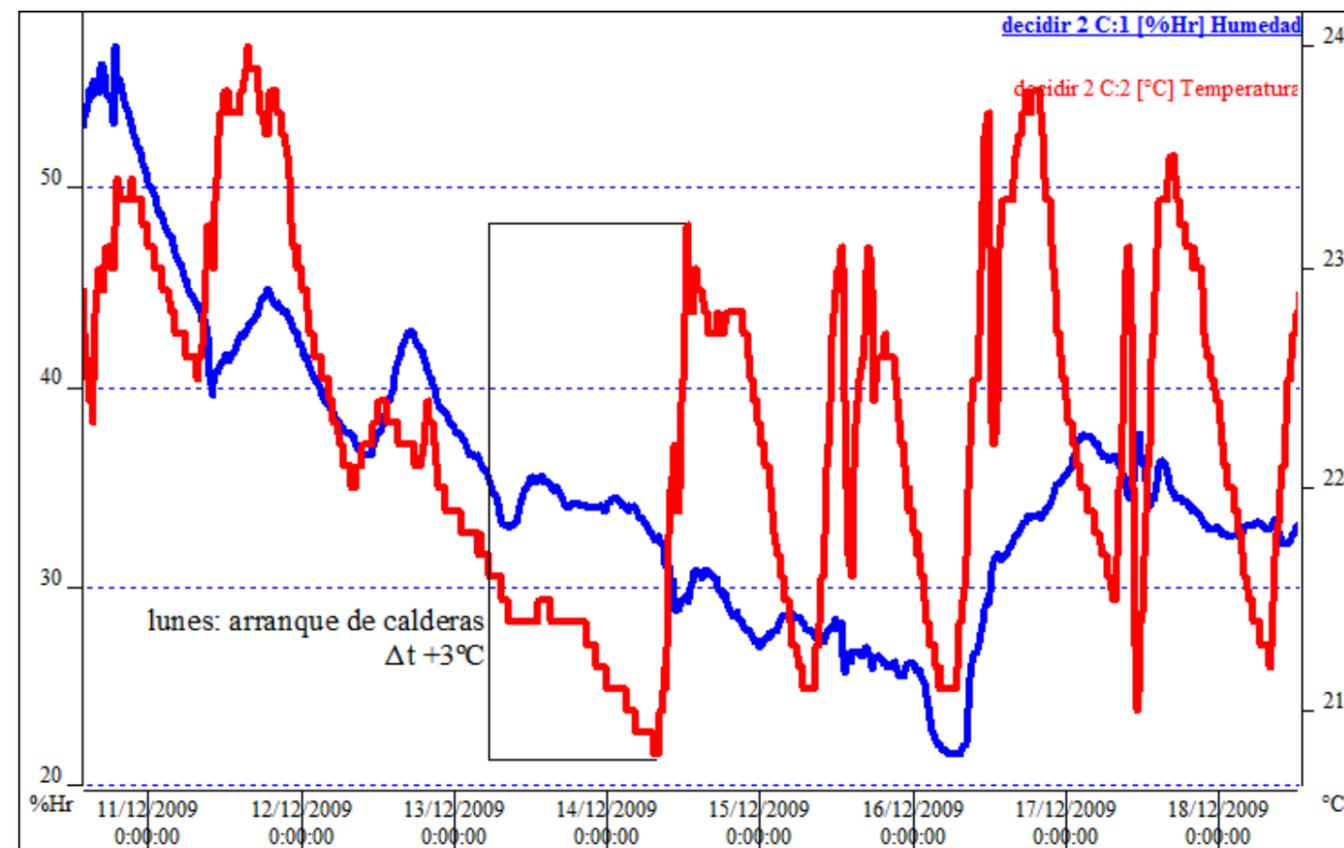
Data Logger Testo175

Un ejemplo de los datos recogidos es el mostrado en las siguientes gráficas:



Registro *temperatura-humedad* en intervalos de 10 minutos en despacho A2-01, durante los días 15 y 16 de septiembre de 2009

Se observa que las temperaturas no bajan de 25 °C incluso durante la noche, y se alcanzan máximas de 28 °C, lo que constituye un ambiente excesivamente caliente para el uso requerido de la estancia.



Registro *temperatura-humedad* en intervalos de 10 minutos en Laboratorio de Caminos BS-06, durante los días 10 a 18 de diciembre de 2009

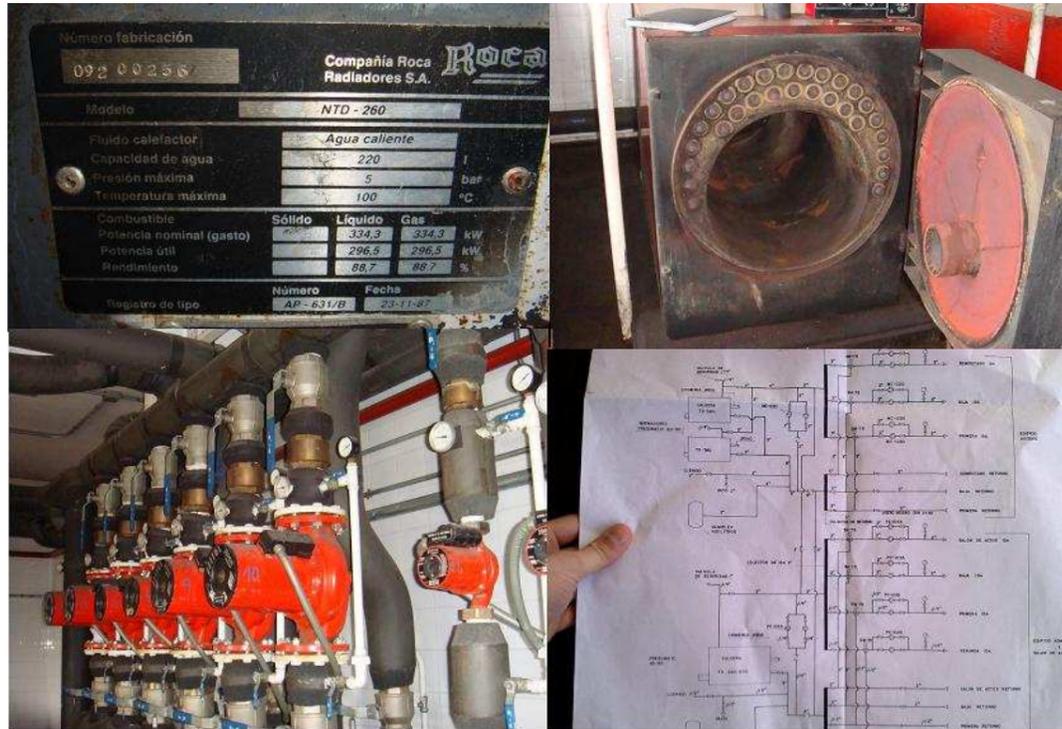
Se observa la notable diferencia entre el incremento de temperatura durante las horas de sol en los días de la semana en que actúa el sistema de calefacción frente al fin de semana en que no actúa.

### 2.2.1.2. Climatización

La Escuela cuenta con un sistema central de calefacción mediante agua caliente y con varios climatizadores eléctricos repartidos por el edificio.

#### 2.2.1.2.1. Calefacción: Sistema de producción

El sistema de calefacción consta de 3 calderas, que calientan el agua que es impulsada por 7 bombas (18 contando las supletorias) a través de la red de tuberías hasta los emisores por todo el edificio.



La entrada en funcionamiento de las calderas se realiza en cascada para conseguir el punto óptimo de rendimiento de cada una de ellas.



El sistema se controla con el siguiente cuadro a través de controladores Elfatherm E25 y sectorización.

#### 2.2.1.2.2. Análisis de la combustión en calderas

Se ha llevado a cabo a través de un analizador de gases Testo, mediante seis medidas, dos por caldera al 50% y 100% de rendimiento en cada una de las tres calderas. Los resultados que imprime el instrumento se compararán con teóricos facilitados por la propia marca.

Las 3 calderas son modelos Baxi-Roca, para gasóleo o para gas, y sus características son:

Modelo	Capacidad de agua (l)	Presión máxima (bar)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura ordinaria de trabajo (°C)	Potencia nominal (gasto) (KW)	Potencia útil (KW)	Rendimiento (%)
Caldera Baxi-Roca NTD 260 (una unidad instalada)	220	5	100	80	334,3	296,5	88,7
Caldera Baxi-Roca NTD 360 (dos unidades instaladas)	266	5	100	80	475,1	418,6	88,1



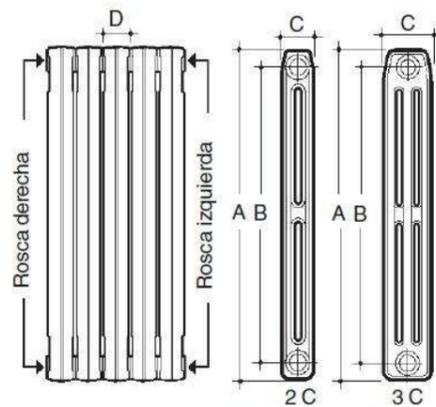
```

>>>> BRIGOVISION <<<<
Fecha: 21.12.2009
Hora: 17:13
Valores determinados:
Combustible: Gasoleo EL
Ref. O2: 0.0 Vol%
T gas esc.: 87.1 °C
T aire: 28.7 °C
Med. sonda de tona
O2: 3.0 Vol%
CO2: 8.8 Vol%
qR: 3.7 %
Rendto.: 96.3 %
Lambda: 1.75
CO medido: 0 ppm
CO no diluido: 0 ppm
Pres.: -0.01 mBar
CO/CO2: 0.0000
Temp. calde.: 60 °C
  
```

### 2.2.1.2.3. Calefacción-potencia de emisores

Hay instalados en el edificio más de 200 emisores de hierro fundido, todos ellos bitubulares, modelo DUBA Baxi-Roca, de 2 ó 3 columnas y con alturas de entre 41 y 86 cm.

#### DUBA



#### Dimensiones y Características Técnicas

	Modelos	Cotas en mm				Capacidad agua l	Peso aprox. kg	Por elemento en kcal/h		Exponente "n" de la curva característica
		A	B	C	D			(1)	(2)	
DUBA 2 columnas	N46-2D	412	350	63	60	0,31	2,60	50,3	38,2	1,29
	N61-2D	562	500	63	60	0,48	3,30	68,9	50,7	1,29
	N80-2D	712	650	63	60	0,64	4,00	87,5	63,4	1,30
DUBA 3 columnas	46-3D	412	350	102	60	0,50	3,40	72,3	52,8	1,31
	61-3D	562	500	102	60	0,63	4,47	94,1	69,7	1,31
	80-3D	712	650	102	60	0,74	5,48	115,8	86,0	1,31
	95-3D	862	800	102	60	0,80	6,80	139,7	101,9	1,31

(1) = Emisión calorífica en Kcal/h según UNE 9-015-86 para  $\Delta t = 60^\circ\text{C}$  (A título informativo)

(2) = Emisión calorífica en Kcal/h según UNE EN-442 para  $\Delta t = 50^\circ\text{C}$

$\Delta t = (T. \text{ media radiador} - T. \text{ ambiente})$  en  $^\circ\text{C}$

Exponente "n" de la curva característica según UNE EN-442

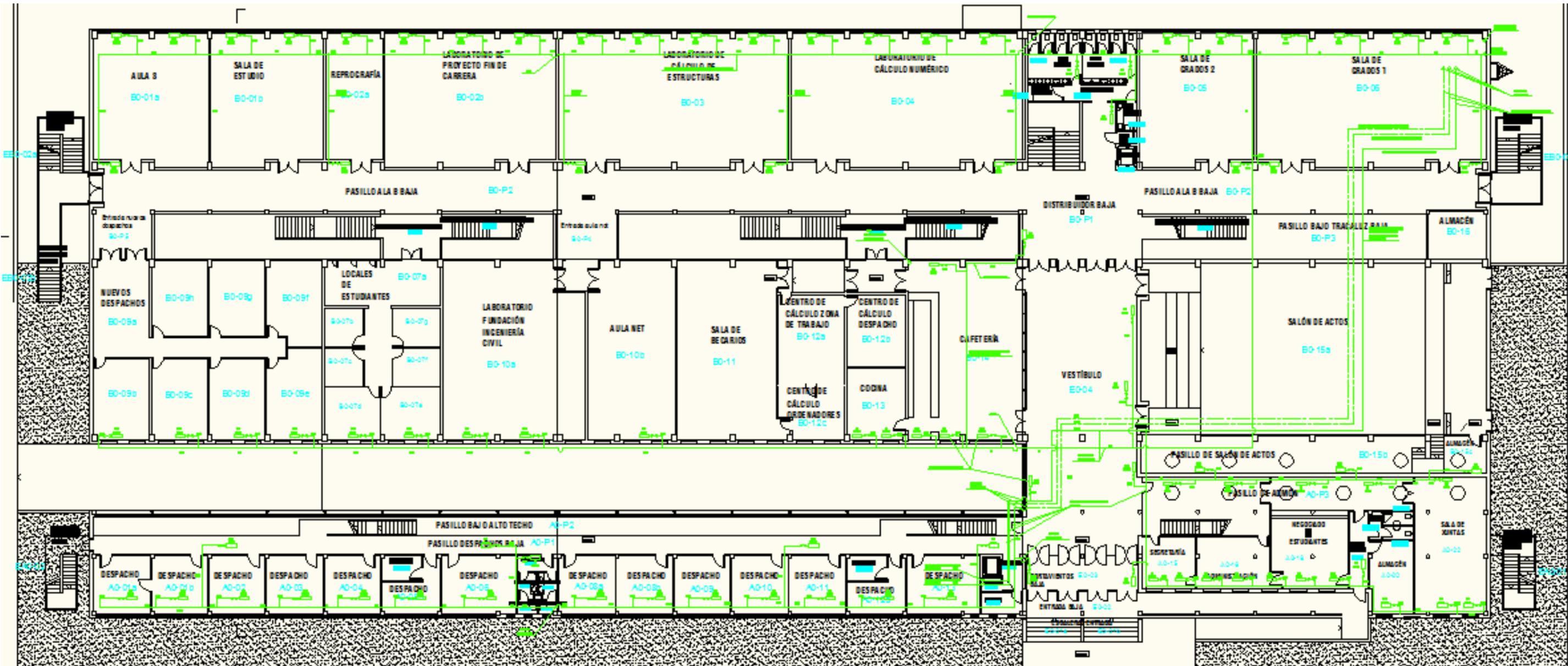
#### Características de los radiadores DUBA de Baxi-Roca

La regulación en sala se realiza mediante detentores NT y 200, accionables manualmente o mediante llave hexagonal.



Detentores Baxi-Roca NT y 200

## Instalación de radiadores en la planta baja:



### 2.2.1.2.5. Envoltente térmica del edificio

La envoltente térmica del edificio es aquel conjunto de cerramientos que separan los recintos habitables del ambiente exterior, es decir: fachadas, cubiertas, tejados, ventanas,...

Si bien es necesario generar un aumento de la temperatura mediante calefacción durante la época invernal, tan necesario es no perder este calor a través de la envoltente térmica del edificio. Al igual que en verano es preferible impedir que el calor externo entre sin freno en el edificio.

Las termografías son imágenes que mediante una gama de colores delatan cuales son aquellos puntos a través de los cuales el edificio es más vulnerable a la pérdida de calor, debido a un mala elección del aislamiento, deterioro, deficiente ejecución de la obra...

Se analizará la envoltente térmica del edificio a través de termografías, tomadas con un tiempo mínimo de 6 horas tras la puesta en marcha de los equipos térmicos.

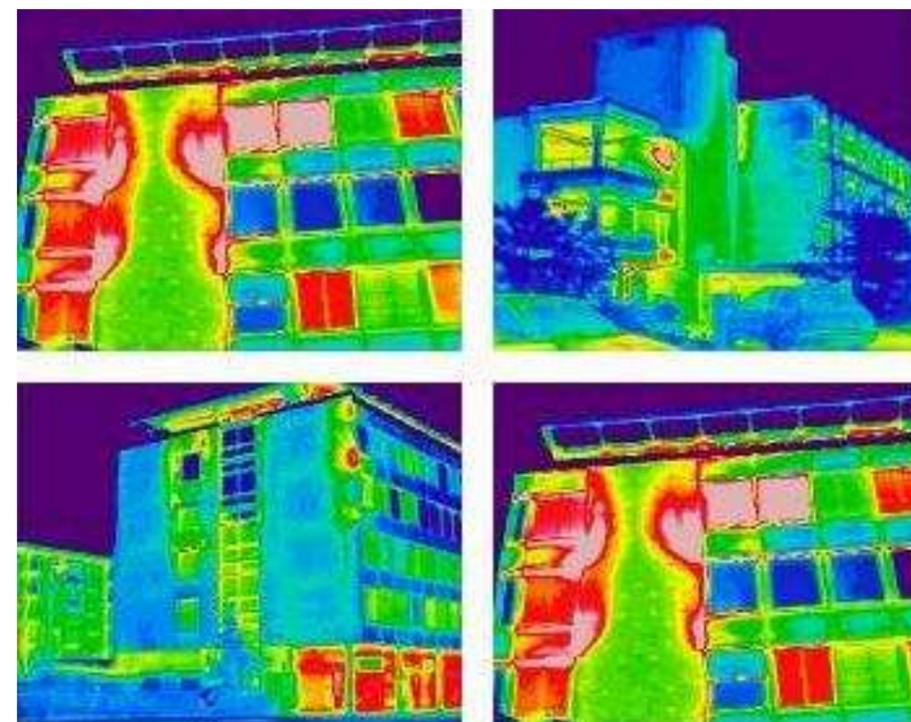
### 2.2.1.2.4. Calefacción-gasto anual

El procedimiento a seguir para el análisis del gasto en calefacción será el siguiente:

- se analizará el histórico de consumos en los últimos 3 años.
- estos consumos se contrastarán con los valores de “grados-día” para comprobar que existe una correlación entre ambos durante la temporada de calefacción (1 de noviembre al 30 de abril)
- los valores de “grados día” se obtendrán de la página web de meteogalicia: <http://www.meteogalicia.es>

Gasto 2007 (€)	Gasto 2007 (ud)	Grados-día (2007)	Gasto 2006 (€)	Gasto 2006 (ud)	Grados-día (2006)
Gasto 2005 (€)	Gasto 2005 (ud)	Grados-día (2005)	Precio suministro MAX.	Precio suministro MIN.	Observaciones

Esquema tipo para el tratamiento del gasto anual de calefacción



Termografías de edificios

También se registrará el tipo de material y grosor de las fachadas, las carpinterías instaladas, el tipo de vidrio de las ventanas y la existencia de tiro natural en el interior del edificio.

### 2.2.1.3. Iluminación

Se ha registrado cada uno de los puntos de luz, tanto los pertenecientes al interior de edificio como al exterior y aledaños. Para ello se ha hecho un inventario de todos los modelos utilizados, tanto de luminaria como de lámpara, tabulando para cada una de ellas las siguientes características:

- Luminarias: fotografía, fotometría, tipo de lámpara y descripción
- Lámparas: tipo, potencia, balasto y potencia adicional, código de color y luminosidad emitida

#### 2.2.1.3.1. Alumbrado interior

La distribución de los puntos de iluminación interior se ha registrado tomando como base los planos de instalación de alumbrado del proyecto original de ejecución del edificio, verificados y completados mediante revisiones in situ, para comprobar todas las modificaciones posteriores a la inauguración del edificio, tales como partición de espacios, instalación de nuevos modelos, cambios en la disposición de las luminarias...

Los modelos existentes en la escuela, de los que hay instalados en total más de 1000 unidades, son los mostrados en esta página.

Luminaria OD-3133		luminaria BEGA 8035 (entrada)		Luminaria OD-1145		Foco halógeno		Luminaria fluorescente standard OD-5524	
Luminaria OD-3151 (informática)		luminaria BEGA 8035 con fluorescencia compacta		Luminaria OD-1745 (c. administrativo)		Aplique halógeno		Luminaria fluorescente standard OD-5530 (encerados)	
Luminaria OD-3153		Luminaria staff 770381 (salón de actos)		Luminaria staff 710589 TCD (sala de exposiciones)		pantalla antideflagrante		luminaria OD-3431	
Luminaria OD-3441		Luminaria staff 770383		Luminaria staff 770258 (salón de actos)		Luminaria estancia OD-8550 1 x 36		regleta OD-5500	
NLK 770/160 (aseos)		Luminaria staff 770383 para empotrar (atención público)		Luminaria staff 770295 (salón de actos)		Luminaria estancia OD-8550 2 x 36		Luminaria OD-3884 con difusor de metacrilato	

La información referente a cada modelo ha sido extraída del catálogo comercial de la compañía correspondiente, mientras que para caracterizar cada tipo de lámpara se ha consultado el documento “Tarifas de lámparas y equipos 2008” de la marca Philips.

Los siguientes gráficos resumen la información referente a los tipos de lámpara instalados en el edificio:

Iluminación interior: Potencia instalada

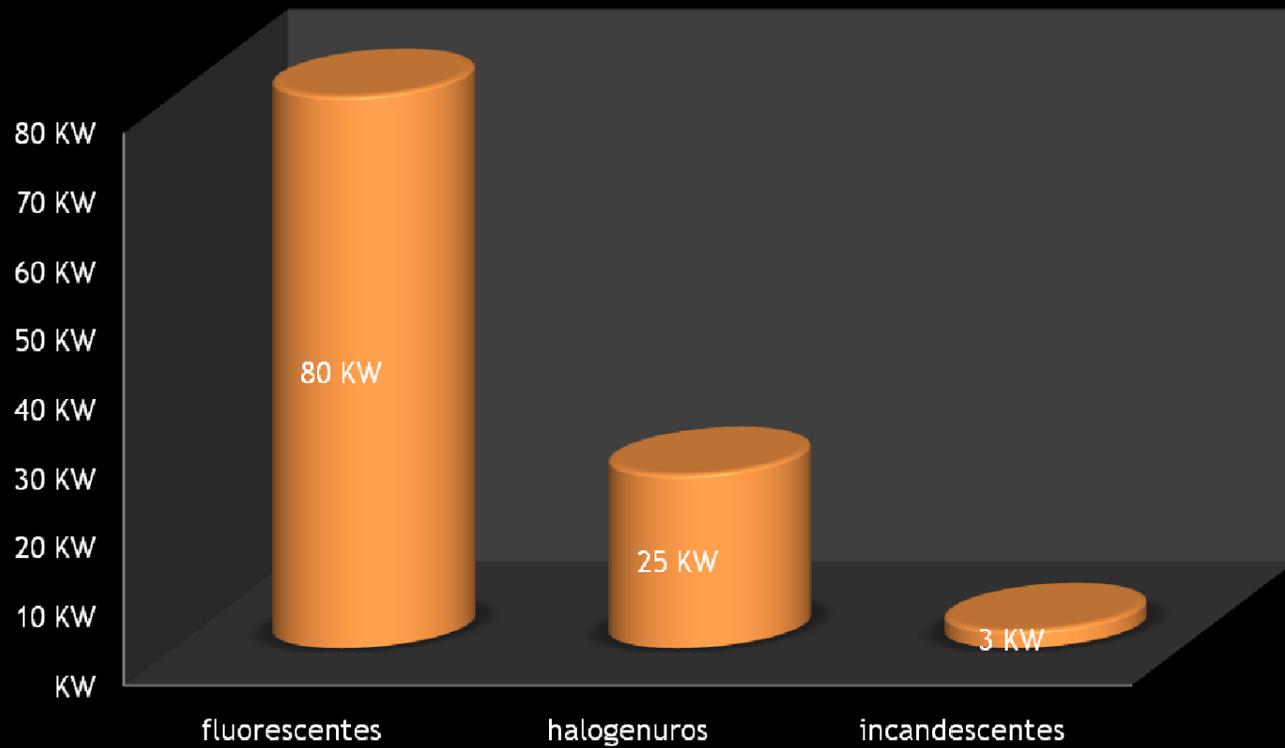


Gráfico de potencia instalada (kW) por tipo de lámpara

Iluminación interior: Unidades instaladas

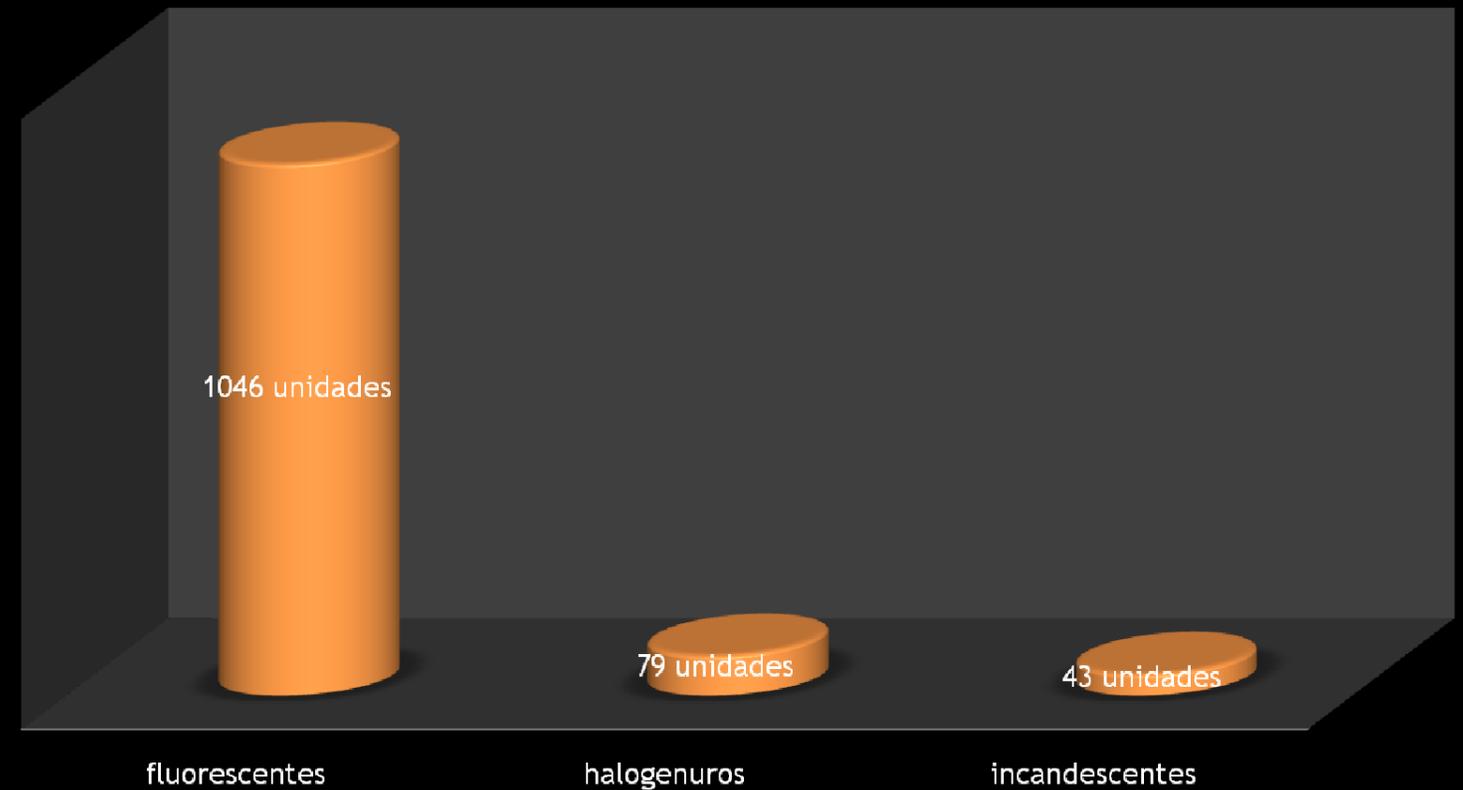
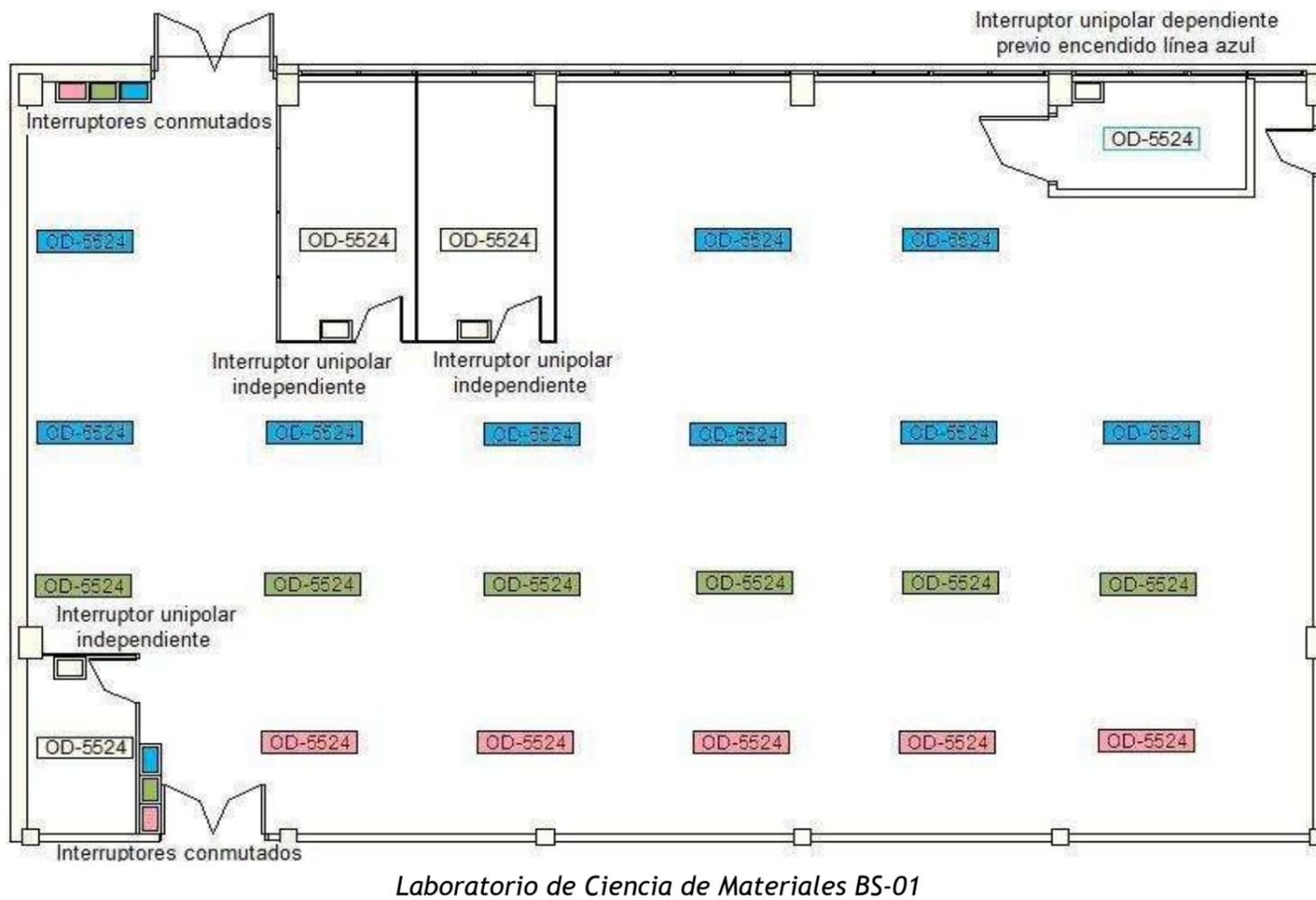


Gráfico de unidades instaladas (kW) por tipo de lámpara

El 100% de las lámparas fluorescentes del edificio usan balasto electromagnético, para el cual se ha considerado una potencia adicional del 10% de la potencia de la lámpara.

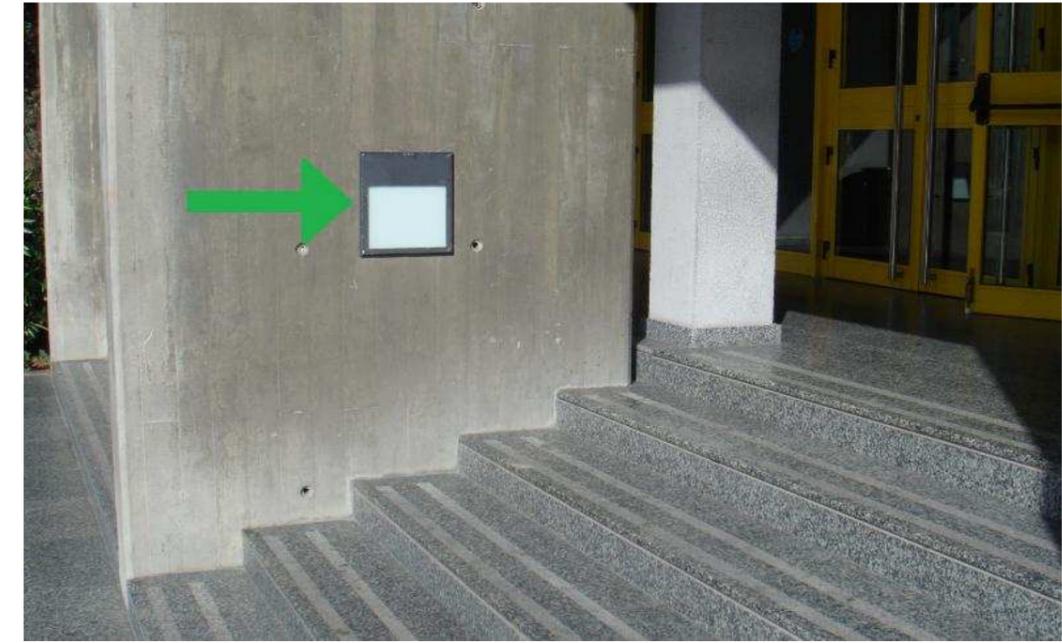
Han sido también tipificadas las disposiciones de encendido de luminarias, de la forma en que sigue en el ejemplo:



En este ejemplo concreto se observa como el encendido del laboratorio está centralizado en dos interruptores conmutados en las entradas, y que, mientras que en tres de sus estancias el encendido es independiente al resto del laboratorio, en una de ellas es necesario el encendido previo y mantenido de la línea azul (9 luminarias).

### 2.2.1.3.2. Alumbrado exterior

Se tratará tanto la iluminación de fachada propia del edificio como el alumbrado público de los viales de acceso que lo rodean.



*Luminaria en fachada*



*Alumbrado de viales*

### 2.2.1.3.2.1. Alumbrado exterior: fachada

El edificio dispone, tanto en los muros de fachada como en los espacios de entrada y el contorno inmediato al edificio, de iluminación de exteriores. Este alumbrado es controlado desde el interior del propio edificio, y el tratamiento que se le da en este estudio es el mismo que al alumbrado de interiores, es decir, se tabulará para cada punto de luz los datos referentes a lámpara y luminaria del siguiente modo:

- Luminarias: fotografía, fotometría, tipo de lámpara y descripción
- Lámparas: tipo, potencia, balasto y potencia adicional, código de color y luminosidad emitida

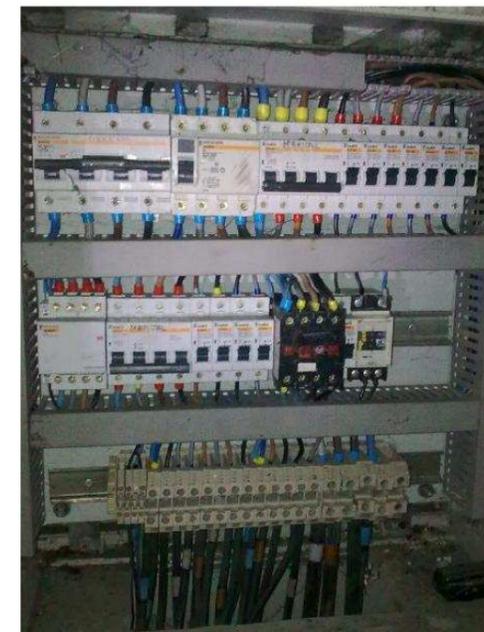


*Modelos de luminaria de fachada*

### 2.2.1.3.2.2. Alumbrado exterior: viales

#### 2.2.1.3.2.2.1. Cuadros alumbrado exterior-inventario

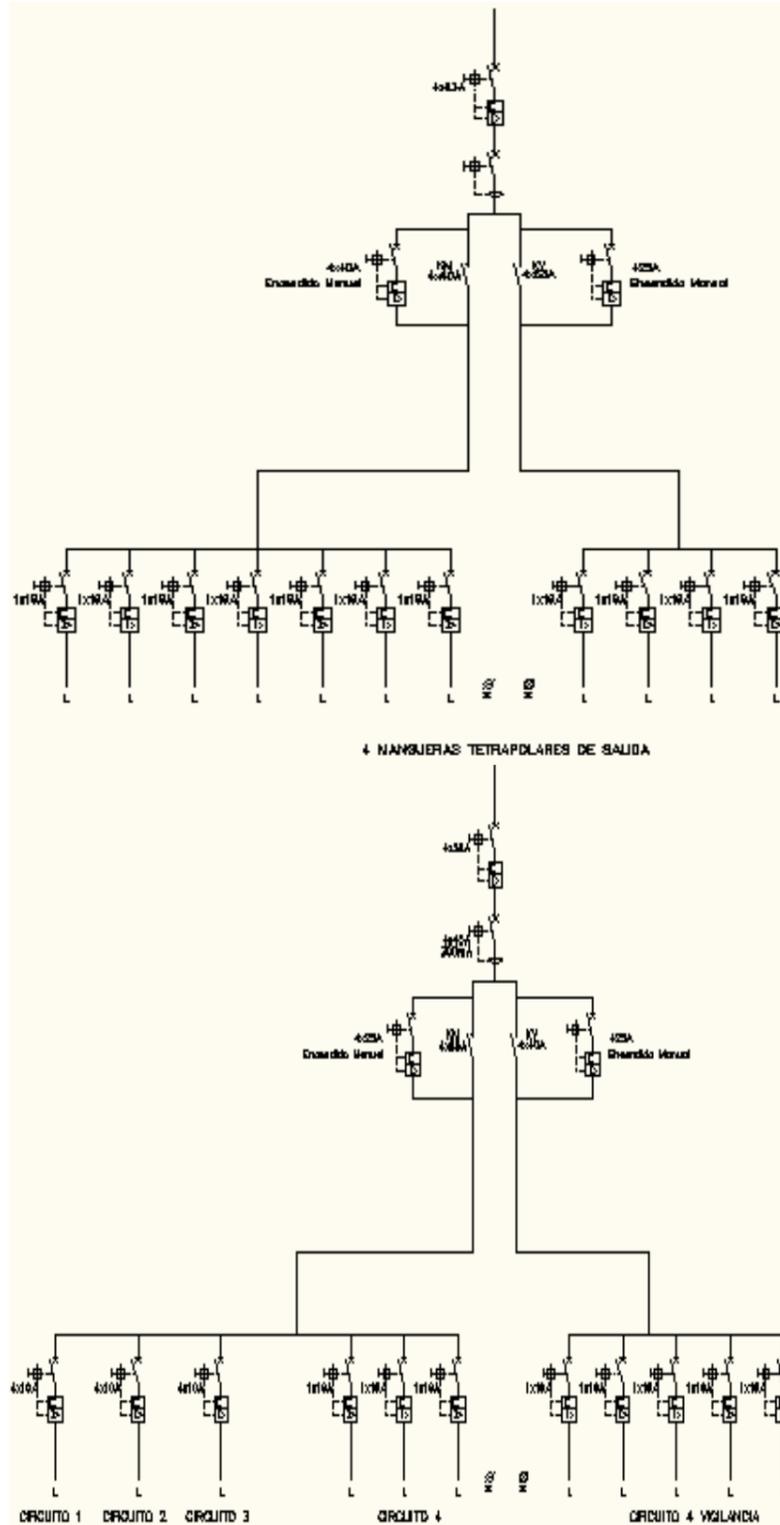
Las líneas eléctricas que abastecen de energía eléctrica los puntos de luz considerados están controladas desde dos cuadros eléctricos. El estado de mantenimiento de la carcasa exterior no es el idóneo en ambos, sin embargo las bisagras, cableado, circuitos y aislamiento no presentan problemas.



**Cuadro 1**

**Cuadro 2**

Los esquemas unifilares de los cuadros eléctricos son los siguientes:



Cuadro 1:

Cuadro 2:

### 2.2.1.3.2.2. Cuadros alumbrado exterior-características

Los parámetros eléctricos a analizar para cada uno de los cuadros serán los siguientes:

Nº orden cuadro	Protección general de cuadro TIPO	Protección general de cuadro In	Protección general de cuadro nº polos	nº circuitos de salida	Tipo contador activa	nº contador act.	nº contador react.
Control encendido	Reductor de flujo (tipo)	Hora inicio reducción	Hora fin reducción	Reductor de flujo (elec.)	Reductor flujo (% red. pot)	Reductor flujo (% red. flujo)	Espacio en cuadro disponible

Donde:

- Para la protección general de cuadro tipo se tendrá en cuenta si es a través de fusible, interruptor automático, o si no existe.
- En el nº de circuitos de salida se contabilizarán las salidas monofásicas y las trifásicas.
- El tipo de contador podrá ser de simple, doble o triple tarifa.
- Se tendrán en cuenta como posibles sistemas de encendido el reloj astronómico, el reloj analógico, el reloj digital, fotocélula, o sin sistema de encendido.
- Reductor de flujo (tipo): reductor, reductor-estabilizador, apagado parcial.
- Reductor de flujo (horario): horas de comienzo y de fin de reducción de flujo.
- Reductor de flujo (elec.): potencia y número de fases del equipo.
- Se indicarán los porcentajes de reducción de flujo tanto de potencia total como de flujo total.

### 2.2.1.3.2.2.3. Luminarias por cuadro

Las luminarias, pertenecientes a las líneas controladas por los cuadros eléctricos anteriores son las siguientes:

globo Bega 561 (80 w)



Bega 9316 (250 w)

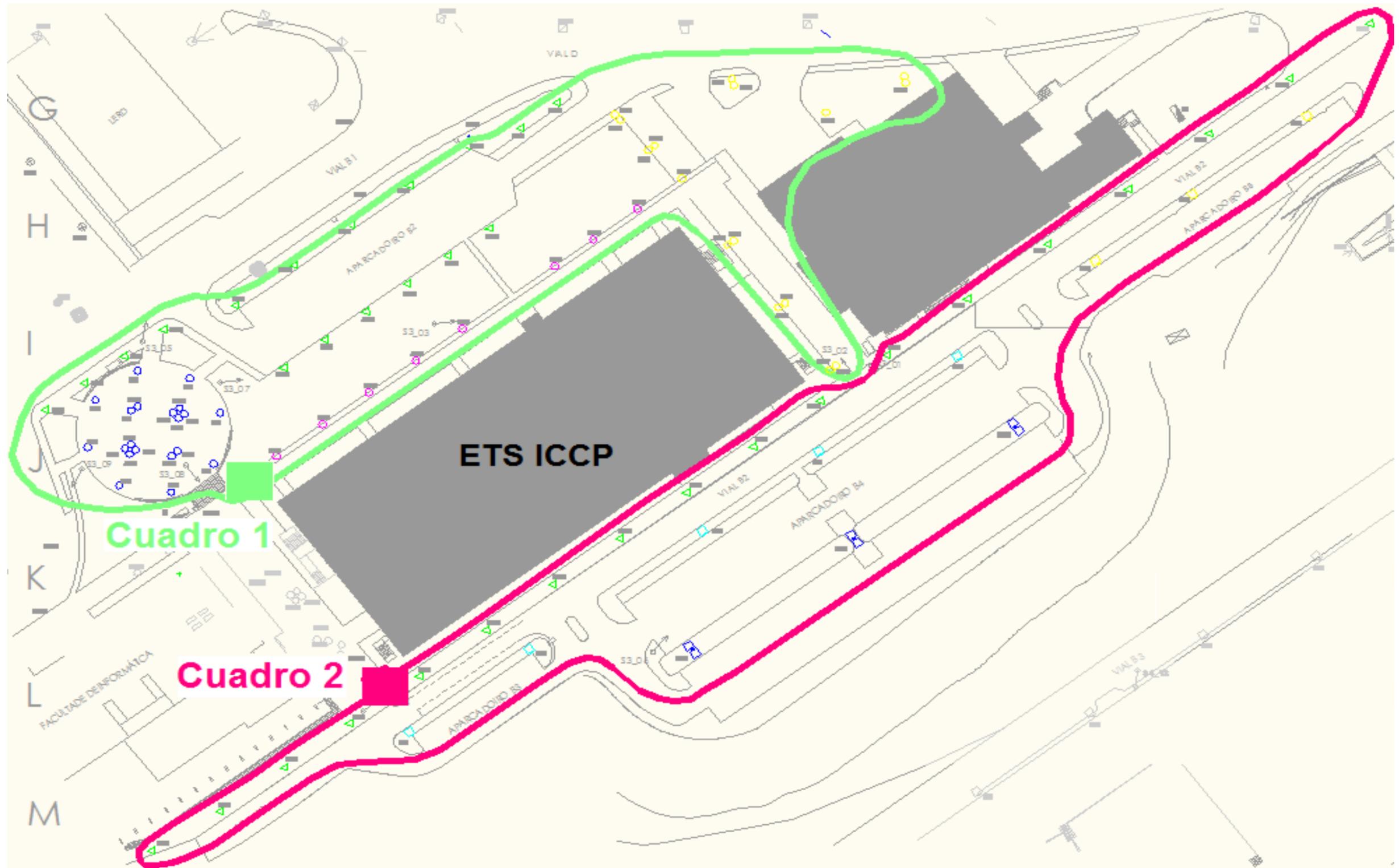


I.E.P. 84226



Luminarias viales:

Las luminarias están distribuidas en dos líneas eléctricas controladas una por cuadro, y constituyen el alumbrado vial adyacente al edificio, representadas en el plano en verde y en magenta:



#### 2.2.1.3.2.2.4. Datos de viales y disposición del alumbrado

Se clasificarán los viarios iluminados por las líneas estudiadas para determinar cuáles son los parámetros idóneos de luminosidad establecidos por el Comité Español de Iluminación (CEI) en su “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación” para cada tipo de vía, y comparar estos valores teóricos con los resultados de las mediciones in situ.

La información será tabulada para su estudio del siguiente modo:

nº orden cuadro	Nº vial	Clasificación de la zona	Uso alumbrado	Tipo de vía	Clase de alumbrado	UTM (x)	UTM (y)
Altura de colocación (m)	Interdistancia (m)	Disposición	nº orden luminaria	Longitud vial (m)	Ancho vial (m)	Superficie iluminada (m <sup>2</sup> )	Observaciones

#### 2.2.1.3.2.2.5. Parámetros luminotécnicos calculados y medidos

Tanto la iluminancia media como la uniformidad media se hallarán mediante mallas de mediciones de 9 puntos de manera análoga a las mediciones realizadas de iluminación interior. Los valores recomendados serán los establecidos según RD 1890/2008.

La información será tabulada para su estudio del siguiente modo:

nº orden cuadro	Nº vial	Em medido	Em recomendada	Em teorica	Um medido	Um recomendado
Um teórico	Ug medida	Ug recomendado	Ug medida	Eficiencia energética medida Ef	Eficiencia energética calculada Ef	Observaciones

#### 2.2.1.4. Energía eléctrica

El consumo eléctrico total del edificio se estudiará a través del análisis de la facturación y el régimen de consumo en cuadros mediante un analizador de redes eléctricas con una medida mínima de 24 horas de forma continua.

##### 2.2.1.4.1. Facturación eléctrica por contrato del edificio

Se tendrá en cuenta, además de la tarifa actual, los datos referentes al tipo de discriminación horaria contratada y los valores de potencia contratada, instalada y de salida al centro de transformación en kW.

La información será tabulada para su estudio del siguiente modo:

Compañía eléctrica	N.I.S. (identificador empresa suministradora)	Tarifa	D.H. Tipo	Tipo contador activa	Nº contador act.	Nº contador react.
Tensión de suministro	Potencia contratada (kW)	Potencia instalada (kW)	Potencia salida CT	Control potencia contratada	Observaciones	Tensión de suministro

##### 2.2.1.4.2. Facturación eléctrica-consumo de energía

La energía reactiva se desglosará en punta, llana y valle. El factor de potencia ( $\cos\phi$ ) vendrá dado por los valores de energía activa y reactiva de la factura. Se valorarán los importes monetarios por consumo de energía reactiva y por penalización por desajustes con la potencia contratada.

La información será tabulada para su estudio del siguiente modo:

Energía activa total (kW.h)	Energía activa punta (kW.h)	Energía activa valle (kW.h)	Energía activa llano (kW.h)	Energía reactiva (kVAr.h)	f.d.p ( $\cos\phi$ )
Complemento reactiva	Penalización potencia	Alquiler equipo de medida	Importe total facturación	Batería condensadores	Observaciones

### 2.2.1.4.3. Registro y mediciones eléctricas

El registro de mediciones eléctricas en los cuadros del edificio se llevará a cabo mediante un analizador de redes eléctricas con una medida mínima de 24 horas en continuo.

Para tipificar el total de cuadros eléctricos existentes en la escuela se harán medidas con el analizador de redes en aquellos cuadros que sean representativos de cada conjunto:

- El cuadro de cocina
- Dos cuadros de laboratorios que dispongan de maquinaria
- Un cuadro de laboratorio tecnológico
- Un cuadro de aula de informática
- Un cuadro de alumbrado
- Un cuadro de fuerza de planta

- El cuadro general de baja tensión

En base a esta información representativa:

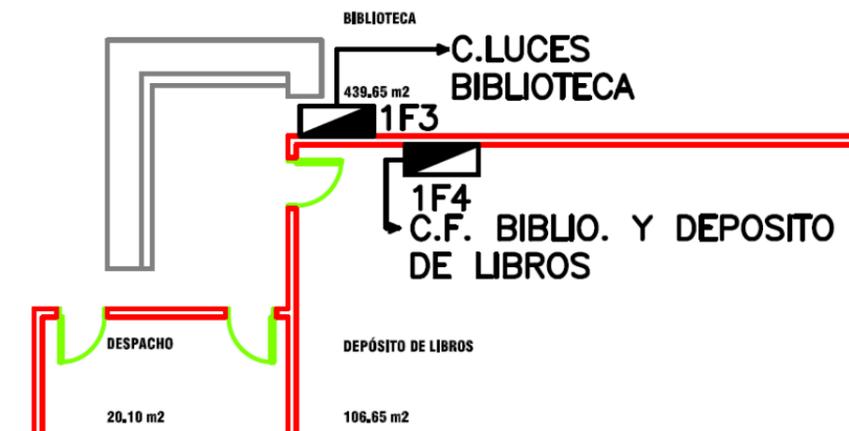
- Se clasificará las estancias a las que da servicio cada cuadro
- Se registrarán posibles consumos fuera de horario
- El factor de potencia será el calculado con las potencias registradas

La información será tabulada para su estudio del siguiente modo:

nº orden cuadro	servicios prestados	ubicación cuadro	Consumo fuera de horario	Adecuación de valores de tensión a valores normativos +/-7%	Tensión entre fase R-S (V)	Tensión entre fase R-T (V)	Tensión entre fase S-T (V)	Tensión R-N (V)
Tensión S-N (V)	Tensión T-N (V)	Intensidad R (A)	Intensidad S (A)	Intensidad T (A)	Potencia activa (kW)	Potencia reactiva (kVar)	f.d.p (cos φ)	Observaciones



Analizador de redes eléctricas



Detalle de cuadro en plano

### 3. Diagnóstico

La auditoría energética está en proceso de desarrollo. Ya se ha recopilado un gran volumen de información en varios apartados, como el estudio de la habitabilidad, la iluminación interior y la climatización. No obstante, el proceso de acopio de datos representativos de la situación energética del edificio todavía no ha terminado, por lo que no es posible hacer un diagnóstico firme en este momento.

Una vez completada satisfactoriamente la fase de recopilación de información sí se podrá proceder a interpretarla con seguridad, para lo cual se hará uso de indicadores energéticos seleccionados

#### 3.1. Situación actual del edificio e instalaciones de alumbrado en su zona de influencia

Se hará un análisis por separado de los apartados energéticos referentes al edificio y al alumbrado exterior. Este análisis estará sustentado en el total de información recopilada y en los siguientes indicadores.

##### 3.1.1. Indicadores

Para caracterizar el edificio y también poder hacer una comparativa a nivel general con cualquier otro de características similares, se van a resumir los datos recogidos durante el proceso de recopilación de información mediante ratios o indicadores, que relacionarán las distintas variables energéticas de modo que sea posible aproximarse a todo el conjunto del edificio de una manera rápida y concisa.

##### 3.1.1.1. Indicadores del Centro

Se emplearán para representar la realidad energética del edificio las cifras más significativas, es decir:

- Superficie total (m<sup>2</sup>)
- Consumo anual de electricidad (kW/h)
- Consumo anual de electricidad (toneladas equivalentes de petróleo)
- Consumo anual de combustible (l)
- Consumo anual de combustible (toneladas equivalentes de petróleo)
- Consumo anual total (toneladas equivalentes de petróleo)
- Importe anual de electricidad (€)
- Importe anual de combustible (€)
- Importe anual total (€)

Para realizar las conversiones de unidades energéticas se tendrán en cuenta las equivalencias mostradas en las tablas siguientes:

Unidad	Equivalencia a TEP	Densidad
1 kW.h	8,6.10 <sup>-5</sup>	
1 MW.h	0,086	
1 Ton Gasolina	1,019	0,73 Kg/l
1 Ton Gasoil	1,035	0,85 Kg/l
1 Tonelada Fueloil	0,96	0,95 Kg/l
103 m <sup>3</sup> GN	0,917	
1 Tonelada butano	1,113	2,01 Kg/Nm <sup>3</sup>
1 Tonelada de propano	1,123	2,6 Kg/Nm <sup>3</sup>

Ton CO <sub>2</sub> /TEP	
Electricidad	4,535
Fuel oil	3,209
Gas Natural	2,337
Gasoil	3,07
GLP	2,616
Carbón	4,035
Coque	4,14

También se hallarán los siguientes ratios:

- Ratios por usuario del centro:
  - Superficie por usuario (m<sup>2</sup>/us)
  - Consumo anual de energía por usuario (T/us)
  - Consumo anual de energía por usuario (€/us)
- Ratios por superficie de dependencia:
  - Consumo anual de electricidad por ud. de sup. de dependencias (kWh/ m<sup>2</sup>/año)
  - Consumo anual de combustible por ud. de sup. de dependencias (l/ m<sup>2</sup>/año)
  - Consumo anual de energía por ud. de sup. de dependencias (T/ m<sup>2</sup>/año)
  - Coste anual electricidad por unidad de sup. Dependencias (€/m<sup>2</sup>/año)
  - Coste anual combustible por unidad de sup. Dependencias (€/m<sup>2</sup>/año)
  - Coste anual energía por unidad de sup. Dependencias (€/m<sup>2</sup>/año)

Teniendo en cuenta las tarifas contratadas con las compañías suministradoras:

- Coste del kWh (€/kWh)
- Coste del litro de combustible (€/l)
- Coste de la tonelada equivalente de petróleo (€/TEP)

### 3.1.1.2. Indicadores del alumbrado público

La información referente al alumbrado público adyacente será mostrada a través de los siguientes ratios:

- Volumen de instalación por unidad de superficie iluminada:
  - Puntos de luz por unidad de superficie (punto de luz/m<sup>2</sup>)
  - Potencia instalada por unidad de superficie (kW/ m<sup>2</sup>)
  - Consumo anual por unidad de superficie (kwh/ m<sup>2</sup>)
  - Coste anual estimado por unidad de superficie (€/m<sup>2</sup>)
- Tamaño de los cuadros eléctricos:
  - Número de puntos de luz por cuadro (punto de luz/cuadro)
  - Potencia instalada por cuadro (kW/cuadro)
- Eficacia:
  - Índice de eficacia energética global (lumen/W)
  - Factor de eficacia lumínica (lumen/punto de luz)
- Utilización:
  - Consumo anual por unidad de potencia instalada (kWh/kW-horas/año)
- Contabilidad:
  - Facturación anual dividida por potencia instalada (€/kW)
  - Factor de optimización en la contratación eléctrica (€/kWh)

## 4. Avance de soluciones

Con el objetivo de conseguir, en la medida de lo posible, una disminución de la factura energética, sin renunciar a mejorar el nivel de bienestar de los usuarios del edificio, y por tanto disminuir también el impacto sobre el medio ambiente, se realizarán una serie de propuestas para las que los principales ámbitos a abordar serán:

- La contratación energética
- El régimen de funcionamiento
- El mantenimiento, control y regulación de los equipos energéticos

Estas posibilidades de mejora se clasificarán en el informe final en función del período de retorno de la inversión realizada en medidas de bajo coste, medidas de coste moderado y medidas de coste elevado. También se estimará el ahorro alcanzable, tanto en unidades monetarias como en toneladas equivalentes de petróleo consumidas.

A pesar de ser pronto todavía para especificar cuáles serán las soluciones recomendadas concretas, sí podemos citar cuales van a ser algunos puntos a estudiar con detenimiento. A continuación se citan cuales serán estos puntos de estudio, para lo cual, ante la imposibilidad de establecer un coste concreto de cada medida todavía, simplemente clasificaremos estas actuaciones en dos categorías: coste previsiblemente bajo y coste previsiblemente alto. Con esto, y clasificadas por ámbito, las posibles actuaciones de mejora son:

Características constructivas del edificio:

- Soluciones de coste previsiblemente bajo:
  - Establecer un programa de detección periódica de humedades, incluyendo la revisión de goteras y tuberías rotas ya reparadas.
  - Concienciar al personal de que no deben dejar las puertas y ventanas abiertas cuando la calefacción o aire acondicionado estén encendidos.
  - Aislar correctamente los espacios bajo cubierta que se encuentran aislados defectuosamente, procurando que exista ventilación donde proceda para evitar condensaciones
  - Sellar las puertas y ventanas interiores de los espacios calefactados respecto a los que no lo estén
  - Reparar o instalar cierres que funcionen correctamente
- Soluciones de coste previsiblemente alto:
  - Incorporar aislamiento en la cámara de aire de la envolvente del edificio.
  - Eliminar los puentes térmicos de la envolvente (frentes de forjado, pilares, vigas y alféizares)
  - Estudiar la posibilidad de aislar la cubierta, bien por su parte superior o bien por su parte inferior.
  - Incorporar ventanas con doble vidrio (incluso en lucernarios) y/o montar una ventana exterior.

Suministros energéticos:

- Soluciones de coste previsiblemente bajo:
  - Solicitar información a las compañías suministradoras sobre sus tarifas, para contratar la que mejor se adapte a los consumos del edificio.
  - Establecer un protocolo de verificación de facturas a través del contraste con las lecturas en contadores, así como una revisión anual de las tarifas para seleccionar la más adecuada.
  - Estudiar la posibilidad de instalar una batería de condensadores si el factor de potencia es inferior a 0,95 en caso de altas penalizaciones en la factura eléctrica por factor de potencia.
  - Estudiar la posibilidad de llenar los tanques de combustible de calefacción en verano a un menor precio, teniendo en cuenta las posibles pérdidas por evaporados.

### Iluminación:

- Soluciones de coste previsiblemente bajo:
  - o Concienciar al personal del adecuado uso de la iluminación, evitando gastos innecesarios.
  - o Etiquetar los interruptores para un encendido selectivo y eficiente.
  - o Proponer la implantación de un programa de limpieza anual de lámparas y luminarias.
  - o Sustituir las lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas.
  - o Sustituir las reactancias electromagnéticas (100% de las fluorescencias del edificio) por balastos electrónicos, o establecer la sustitución como protocolo de actuación en caso de que se estropee la reactancia electromagnética antigua.
  - o Sustituir las lámparas y difusores decolorados.
  - o Comprobar que existen reflectores de espejo para los modelos de luminaria instalados, proponiendo un programa de cambio en caso de que se obtenga con ellos niveles lumínicos superiores.
  - o Instalar más interruptores, de forma que se pueda controlar grupos de luminarias o luminarias individuales.
  - o Reconfigurar los sistemas de encendido que ocasionan despilfarros.
  - o Sustituir, aunque sigan funcionando, las lámparas con una pérdida de rendimiento apreciable.
  - o Instalar detectores de presencia en los lugares que no son utilizados permanentemente.
  - o Instalar fotocélulas para desconectar las lámparas y regular su flujo de luz cuando la luz natural sea suficiente.
  - o Instalar relojes programadores cuando el alumbrado exterior no sea necesario toda la noche.
  - o Instalar fotocélulas para controlar el encendido del alumbrado exterior.
- Soluciones de coste previsiblemente alto:
  - o Sustituir las lámparas de vapor de mercurio del alumbrado exterior por otras de vapor de sodio de alta o baja presión, que consiguen una mayor eficiencia lumínica.
  - o Sustituir las lámparas halógenas convencionales instaladas (50 W) con transformadores electromagnéticos (10W) por otras de alta eficiencia (35 W) y equipos electrónicos (0W).

### Sistema de calefacción:

- Soluciones de coste previsiblemente bajo:
  - o Establecer un procedimiento de revisión de las calderas en que se supervise: el funcionamiento correcto de los pilotos de alarma, la aparición de fugas en válvulas y tuberías, la existencia de olores a gas, la presencia de marcas de golpes o quemaduras en la caldera y chimenea, ruidos extraños de las bombas y quemadores, posibles obstrucciones de los respiraderos y estado del tanque de expansión.
  - o Comprobar que el sistema de arranque secuencial actual de las calderas es el óptimo teórico.
  - o Estudiar la posibilidad de instalar controles electrónicos de secuenciamiento.
  - o Resolver el problema de superficies de calefacción obstruidas.
  - o Estudiar la posible ineficiencia del sistema de calefacción en lugares donde el personal del edificio emplea calefactores eléctricos portátiles.
  - o Verificar la existencia de un programa de mantenimiento de las calderas en que al menos una vez al año se realice una limpieza de la caldera, quemador y chimenea, con un análisis de combustión antes y después del ajuste del quemador.
- Soluciones de coste previsiblemente alto:
  - o Comprobar que las calderas se ajustan a las necesidades reales, estudiando la posibilidad de sustituirlas, en este caso por calderas de condensación de gas.
  - o Comprobar si la bomba está sobredimensionada o si se regula por estrangulamiento.

### Otros equipos energéticos:

- Soluciones de coste previsiblemente bajo:
  - o Identificar y etiquetar aquellos equipos que pueden ser apagados cuando no se van a utilizar a corto plazo.
  - o Informar al personal del modo de uso del standby, especialmente en las salas de ordenadores.
  - o
- Soluciones de coste previsiblemente alto:
  - o Sugerir la compra de cualquier tipo de producto con etiqueta de eficiencia energética A ó B

### 5. Anexos

Se incluirá en el informe final de la auditoría una vez concluida ésta toda la información tabulada y ordenada en anexos.