

REACONDICIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DE LAS HABITACIONES DEL SERVICIO REAL DEL HOTEL PLAYA PESQUERO

TRABAJO DE DIPLOMA

Autor: Alvaro Torres Cruz

Tutores: Prof. Asistente, Ing. Yorley Arbella Feliciano, M. Sc
Ing. Luis Enrique Díaz Izquierdo

HOLGUÍN 2020



DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi familia, en especial a mis padres por todo el esfuerzo y apoyo brindado para la materialización de cumplir con el sueño de convertirme en Ingeniero Mecánico.

PENSAMIENTO

“El saber no es suficiente, debemos aplicar. El querer no es suficiente, debemos hacer.”

Goethe

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por apoyarme en todo momento y ser mi inspiración para seguir adelante.

A toda mi familia que se convirtió en mi sostén para llegar al final.

A mis tutores Ms.C. Yorley Arbella Feliciano y el Ing. Luis Enrique Díaz Izquierdo por apoyarme y por estar siempre presente para resolver mis dudas y guiarme en este largo camino.

A mis amigos por ayudarme en todo lo que he necesitado.

A mis profesores, que con tanto amor y dedicación contribuyeron a mi formación.

A todas aquellas personas que de una forma u otra me han ayudado a realizar este sueño.

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de realizar un estudio del sistema de climatización en las habitaciones del Servicio Real del Hotel Playa Pesquero. Los especialistas consultados del hotel no contaban con la información referente a cálculos de cargas térmicas de las habitaciones en estudio, ello generaba un problema para la instalación de nuevos y eficientes sistema de climatización. Los años de explotación del sistema de climatización de estas habitaciones generaron el deterioro de muchos equipos, por lo cual la gerencia y administración del hotel tomo la decisión de realizar cambios en los equipos y tecnología implementada en la climatización, las cuales permitieran un menor consumo energético y garantizaran el confort normado para este tipo de instalaciones. En la presente investigación se propone realizar un reacondicionamiento del sistema de climatización para las habitaciones, basado en las normas cubanas e internacionales y literatura de ingeniería especializadas referentes al proceso de climatización. La base teórica de la investigación fue complementada con artículos relacionados con el tema y métodos planteados por el manual ASHRAE. Se realizó los cálculos de las cargas térmicas en las habitaciones empleando el software HAP (Carrier). Esto permitió un correcto estudio del comportamiento del clima y las cargas térmicas en las habitaciones, proponiendo así un sistema de climatización acorde con el objetivo propuesto.

SUMMARY

ÍNDICE

1.1 Sistemas HVAC	14
1.2 Estudios de Cargas térmicas	15
1.2.1 Carga térmica	15
1.2.2 Método del CLTD/SCL/CLF	16
1.2.3 Cálculo de la carga térmica	17
1.2.4 Cálculo de las cargas sensibles.....	17
1.2.5 Cálculo de la carga térmica a través de paredes y techos.....	18
1.2.6 Cálculo de la carga térmica a través de ventanas	18
1.2.7 Las cargas térmicas por radiación	19
1.2.8 Cálculo de las cargas térmicas misceláneas (equipos, luces, personas)	20
1.2.9 Cálculos de las cargas térmicas a través de infiltraciones.....	21
1.2.10 Factor de Corrección por carga sensible	21
1.2.11 Cálculo de las cargas latentes	22
1.2.12 Cálculo de la carga total en toneladas de refrigeración	22
1.3 Equipos de climatización.....	23
1.4 Programas de cálculo	28
Introducción al capítulo	32
2.1 Cálculo de cargas térmicas de la habitación.....	32
2.1.1 Condiciones climáticas (<i>Weather Properties</i>)	33
2.1.2 Espacios (<i>Space Properties</i>)	36
2.1.3 Sistema de tratamiento del aire (<i>Air System Properties</i>)	43
2.2 Selección del equipamiento	47

2.3 Valoración económica.....	49
-------------------------------	----

GLOSARIO

HAP	Programa de Análisis Horario (<i>Hourly Analysis Program</i>)
ASHRE	(<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>)
HVAC	Calefacción, Ventilación y Aire acondicionado (<i>Heating, Ventilation and Air Conditioning</i>)
GMT	Meridiano de Greenwich (<i>Greenwich Mean Time</i>)
ODM	Oscilación Media Diaria en verano (<i>Summer Daily Range</i>)
CAN	Factor de nubosidad (<i>Atmospheric Clearness Number</i>)
LST	Tiempo Local Normal (<i>Local Standard Time</i>)
Tsdv	Temperatura seca de diseño en verano (<i>Summer Design Dry-Bulb</i>)
Thcv	Temperatura húmeda coincidente en verano (<i>Summer Coincident Wet-Bulb</i>)
Tsdi	Temperatura seca de diseño en invierno (<i>Winter Design DB</i>)
Thci	Temperatura húmeda coincidente en invierno (<i>Winer Coincident WB</i>)
OA	Aire exterior (<i>Outdoor Air</i>)
EER	Razón de eficiencia energética (<i>Energy Efficiency Ratio</i>) Razón de eficiencia energética estacional (<i>Seasonal Energy Efficiency</i>
SEER	<i>Ratio</i>)
VAV	Caudal de aire variable (<i>Variable Air Volume</i>)
CAV	Caudal de aire constante (<i>Constant Air Volume</i>)
VVT	Caudal de aire y temperatura variable (<i>Variable Volume / Temperature</i>)
OAT	Temperatura del aire exterior (<i>Outdoor Air Temperature</i>)
ACH	Cambios de aire por hora (<i>Air Changes per Hour</i>)

INTRODUCCIÓN

La climatización es una técnica que se ha desarrollado con el transcurso del tiempo y el avance de la civilización; al igual que la mayoría de las ciencias y técnicas, ha sido el resultado de las necesidades que la misma sociedad va creando a medida que avanzan los inventos en diferentes campos. La climatización contribuye a elevar el nivel de vida de las personas. Los avances logrados en los últimos años son el resultado del trabajo conjunto de técnicos, artesanos, ingenieros, hombres de ciencia y otros que han unido sus habilidades y conocimientos.

La base sobre la que se fabrican nuevas sustancias y materiales la suministra la ciencia. Estos conocimientos son aplicados al campo de la refrigeración por aquellos que diseñan, fabrican instalan y mantienen equipos de refrigeración. Las aplicaciones de la refrigeración son muy numerosas, siendo unas de las más comunes la conservación de alimentos, la climatización o acondicionamiento ambiental (tanto de temperatura como de humedad), enfriamiento de equipos y últimamente en los desarrollos tecnológicos de avanzada en el área de los ordenadores.

La climatización se puede definir como el proceso de extracción del calor de un determinado lugar. El principio básico de la climatización data de la época de los egipcios, los cuales trasladaban los enormes bloques de piedra del palacio del faraón al desierto del Sahara, durante horas de la noche, donde se alcanzan temperaturas bastante bajas, luego los trasladaban nuevamente al palacio y de esta manera disminuían las temperaturas interiores del mismo. Se considera que en el palacio se disfrutaban de temperaturas de alrededor de los 300,15 K (27 °C), mientras que la temperatura ambiente era de 327,15 K (54 °C). (Vasconcelos, 2007)

La climatización comprende tres cuestiones fundamentales: la ventilación, la calefacción, o climatización de invierno, y la refrigeración o climatización de verano. Diariamente, el aire acondicionado y la ventilación forman parte de nuestras vidas, bien sea en un centro comercial, en el área de trabajo o en

nuestras propias viviendas. Siempre hacemos uso de ellos sin detenernos a pensar de todo el trabajo que trae consigo diseñar dichos sistemas. Actualmente, es inconcebible realizar la construcción de un edificio sin prever las instalaciones de aire acondicionado.

Numerables estudios han comprobado que la eficiencia de los trabajadores aumenta considerablemente si se encuentran en un ambiente con condiciones de humedad y temperaturas confortables. Igualmente, las personas prefieren constantemente encontrarse en ambientes agradables térmicamente (climatizados); hoy en día ninguna persona gustaría de ir a ver una película en una sala de cine que no posea aire acondicionado, al igual que no le gustaría pasear en un centro comercial cuyo sistema de refrigeración este descompuesto; y mucho menos le gustaría permanecer en un hotel cuyas habitaciones únicamente posean ventilación forzada.

Mucho se ha logrado en el campo del acondicionamiento del aire en aras de lograr sistemas de climatización eficientes: equipos con altos rendimientos, mejores propiedades aislantes de los materiales de construcción, puertas y ventanas herméticas para disminuir las infiltraciones; pero todos estos avances han traído consigo un inevitable aumento del consumo energético. Por todo esto una vez que se hace un diseño tiene que ser el mejor y más eficiente.

Uno de los aspectos a tener en cuenta para el diseño de sistemas de acondicionamiento de aire es la distribución del aire en los locales, esta depende de la ubicación del equipo. Uno de los equipos más usados son los sistemas de climatización tipo ventana y Split, por su fácil montaje son instalados por personal no especializado trayendo consigo que no se logre una buena ubicación.

De esta distribución del aire dependerán las condiciones de confort o bienestar térmico, dada por varios aspectos tales como la temperatura, humedad y velocidad del aire dentro del local. La temperatura y la humedad dependerán de si se hizo una buena elección del equipo teniendo en cuenta aspectos tales como la carga térmica del recinto, y la velocidad depende de la ubicación de la salida del aire respecto a la zona ocupada.

Situación problémica.

En las habitaciones del Servicio Real del Hotel Playa de la provincia de Holguín existe un sistema de climatización, del cual no existen planos ni cálculos. Debido a las dimensiones y características que presentan las habitaciones se estima que el sistema instalado está sobre dimensionado.

Por las condiciones de explotación que tiene actualmente hay que reacondicionar el sistema de climatización de acorde a los suministros e importaciones que tiene el país, para ello se determina mediante cálculos de climatización y el reacondicionamiento del área. Se utilizan softwares de simulación y cálculo como el HAP (Carrier). En los cuales cumpliendo con las necesidades presentes en el Hotel y debido a que este es un tema de eficiencia energética se busca realizar un correcto estudio para lograr un sistema más eficiente y obteniendo un mayor ahorro energético.

Por lo planteado anteriormente se propone tomar como **problema de investigación** el siguiente: Existe la necesidad de reacondicionar el sistema de climatización de las habitaciones del Servicio Real del Hotel Playa Pesquero de manera que este esté en correspondencia con las normas cubanas para la climatización.

Objeto: Reacondicionar el sistema de climatización de las habitaciones del Servicio Real del Hotel Playa Pesquero.

Campo de Acción: Comportamiento del sistema de climatización en las habitaciones del Servicio Real del Hotel Playa Pesquero.

Hipótesis: Si se realiza una correcta estimación de las cargas térmicas, la instalación de equipos de climatización en las habitaciones del Servicio Real del Hotel Playa Pesquero se logrará una mayor eficiencia energética.

Objetivo General: Lograr una correcta estimación de las cargas térmicas en las habitaciones del Servicio Real, en el Hotel Playa Pesquero, de manera que permita garantizar una mejor eficiencia energética en la instalación, mediante un reacondicionamiento en el sistema de climatización.

Tareas de la Investigación:

1. Revisar la literatura nacional e internacional sobre tema y objeto de la investigación.
2. Consulta con expertos y personal calificado en el tema a investigar.
3. Definir las características de las tecnologías a emplear en función de su eficiencia.
4. Cálculo y simulación del sistema de climatización.
5. Evaluación económica, social, medioambiental y para la Defensa de las soluciones planteadas.
6. Redacción del Informe Técnico.

Métodos empleados:

- **Métodos Teóricos:**

- Consulta de expertos: Se entrevistaron a los profesionales capacitados en el tema y esto nos brindó conocimiento para organizar el trabajo, así como los parámetros fundamentales a determinar.
- Observación, en la visualización de las características y aspectos fundamentales que atañen la investigación.

- **Métodos Empíricos:**

- Histórico-Lógico: Se empleó para el estudio de los antecedentes de la Investigación
- Análisis y síntesis: Se utiliza en la revisión y consulta de la bibliografía especializada sobre el tema, así como, en el estudio de la información existente sobre la distribución del aire frío en los locales climatizados

Resultados esperados:

Obtener una propuesta tecnológica que sea eficiente y que permita un mejor comportamiento de la climatización en las habitaciones del Servicio Real del Hotel Playa Pesquero empleando un buen sistema de climatización para estas, en correspondencia con las normas establecidas en el país mediante el uso del software HAP (Carrier).

Capítulo I. Fundamentación Teórica

En este capítulo se abordan los principales fundamentos del proceso de climatización que se toman en cuenta para el cálculo de la carga térmica de las habitaciones del servicio Real del Hotel Playa Pesquero. Son descritos los parámetros que intervienen en el proceso de climatización de locales y el estado del arte de los procesos de simulación de flujo de aire. Con el análisis sistémico de este proceso y la revisión bibliográfica, se fundamenta la concepción del modelo empleado en este trabajo.

1.1 Sistemas HVAC

Un sistema HVAC (siglas en inglés *Heat, Ventilation and Air Conditioned*), son equipos diseñados para mantener las condiciones ambientales deseadas en un espacio. Este sistema de aire acondicionado, o HVAC está compuesto de componentes y equipos dispuestos en secuencia para acondicionar el aire, transportarlo al espacio acondicionado y controlar los parámetros ambientales interiores de un espacio específico dentro de los límites requeridos según lo plantea (Wang, 2000)

Un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado es la tecnología que se usa en interiores para mantener un clima agradable. El objetivo es proporcionar confort térmico y calidad de aire aceptable. El diseño de un sistema HVAC se basa en los principios de la termodinámica, mecánica de fluidos y transferencia de calor. Los cuartos limpios (*clean rooms*) son áreas donde se minimizan la introducción, generación y retención de partículas en el interior del cuarto, y en el cual la temperatura, humedad, patrones de flujo de aire, movimiento del aire y presión son controlados. (Pacheco et al., 2018)

Los sistemas HVAC son clasificados por el método usado para controlar calefacción, la ventilación, y aire acondicionado en el área condicionado. Se debe considerar varios sistemas y recomendar uno o dos diseños que alcanzarán el objetivo y funcionarán según las recomendaciones. Para ellos se debe identificar y priorizar los criterios asociados con el diseño (Equipment., 2004) tales como:

- Confort del ocupante

- Clima local
- Temperatura media radiante
- Temperatura
- Humedad
- Requerimiento de la capacidad, de un análisis de carga térmica

1.2 Estudios de Cargas térmicas

1.2.1 Carga térmica

El concepto de carga térmica está asociado a sistemas de climatización (calefacción y refrigeración), como a sistemas frigoríficos. La carga térmica en aire acondicionado, llamada también carga de refrigeración, la cual se define como la cantidad neta de calor que se retira del recinto.(Camareno-Núñez, 2016) Se trata de la cantidad de energía térmica por unidad de tiempo (potencia térmica) que un recinto cerrado intercambia con el exterior debido a las diferentes condiciones higrotérmicas del interior y del exterior, considerando las exteriores como las más desfavorables posible. El cálculo de estas cargas permite disponer los sistemas adecuados de calefacción o refrigeración para compensarlas. (Equipment., 2004)

Por cálculo de cargas se entiende el proceso de determinar la cantidad de calor que hay que extraer o aportar a un local de unas determinadas características, y situado en una zona determinada, para mantener su interior en unas condiciones de confort para las personas. Existen diferentes entidades que han desarrollado diferentes metodologías para el cálculo de carga térmica, debido a la gran cantidad de variables que existe para el desarrollo del cálculo, cada método de cálculo de carga térmica, tiene sus beneficios y limitaciones sin embargo todo se puede agrupar en dos grandes términos, simplicidad y exactitud. La simplicidad y la exactitud del método son dos objetivos que se contraponen.

Si se pudiese considerar que un método es simple, su exactitud sería cuestión de interrogante, y viceversa. Sin embargo, existe una correlación entre estos métodos estándar para el cálculo de carga térmica; se basan en el cálculo de cada hora de la carga térmica. Estos métodos fueron diseñados por **ASHRAE**, **CIBSE** y **VDI**,

instituciones especializadas en refrigeración de Norteamérica, Inglaterra y Alemania respectivamente, los cuales han desarrollado los siguientes métodos:

1. El Método de Balance de Calor (ASHRAE 2001)
2. La Serie de Tiempo Radiante (ASHRAE 2001)
3. El método CLTD/SCL/CLF (ASHRAE 1997)
4. El Método de Admitancia (CIBSE 1986)
5. Los métodos VDI (VDI 1996)

Los dos primeros métodos, los más recientes presentados por ASHRAE, son metodologías más exactas, debido al cálculo de las mayorías de las variables, sin embargo, debido a lo anterior también es su desventaja, ya que, se necesitaría la ayuda de una computadora (software especial) para realizar los cálculos, además que la precisión del método hace que se deba tomar muchas variables ya sea de temperatura (Balance de Calor) o de tiempo (Tiempo Radiante). Los métodos presentados por CIBSE y VDI, son metodologías simples de fácil realización, sin embargo, no son aplicables a esta región del planeta debido que fueron diseñados específicamente para las regiones de estas instituciones (Inglaterra y Alemania respectivamente), en el caso del método de admitancia (CIBSE), se presenta sobredimensión y, además, se obviaron algunos puntos de importancias para la metodología ASHRAE la cual está basada esta metodología.

Estas metodologías, sin embargo, son válidas y reconocidas para su utilización en cualquier tipo de situación, pero, para la realización de este estudio se aplicará unos de los primeros métodos para el cálculo de carga térmica, el método CLTD/SCL/CLF.

1.2.2 Método del CLTD/SCL/CLF

En 1975 ASHRAE desarrolló un método denominado cálculo de carga por temperatura diferencial/factores de carga de enfriamiento CLTD/CLF que se derivó del TFM (Método de Función de Transferencia), el cual fue introducido en 1967. El método del CLTD/CLF depende de datos tabulados para simplificar su operación para el uso manual. Este método fue sometido a varias revisiones para acomodar los problemas que aumentaron en aproximaciones y limitaciones para cubrir más datos tabulados precisos. Debido a esto, ASHRAE publicó el cálculo de carga por

temperatura diferencial/carga solar de enfriamiento/factores de carga de enfriamiento (CLTD/SCL/CLF) (M. ASHRAE, 1993, 1997), el cual es un método revisado del CLTD/CLF. Este método es más simple que el método RTS. 25

La función principal de acondicionamiento de aire es mantener, dentro de un espacio determinado, condiciones de confort y sanitarias (conservación de la salud y prevención de enfermedades), o bien para la conservación de un producto o para un proceso de fabricación. Para conseguirlo debe instalarse un equipo acondicionador de capacidad adecuada y mantener su control durante todo el año. La potencia del equipo se determina de acuerdo con las exigencias instantáneas de la máxima carga real o efectiva, el tipo de control a utilizar dependerá de las condiciones que deben mantenerse durante las cargas máxima y parcial. Generalmente es imposible medir las cargas reales máximas o parciales en un espacio dado, por lo que es preciso hacer un cálculo estimado de dichas cargas. (Carrier, 2009)

La integración de estos métodos facilita la obtención de la carga térmica generada por cada uno de los elementos presentes en el ambiente, ya sean estructurales, de ocupación o de equipamiento, por lo tanto, se puede identificar rápida y claramente cuáles de ellos generan mayor carga térmica para tomar decisiones ingenieriles que favorezcan la reducción del consumo energético. (Valencia Huanca, 2018)

1.2.3 Cálculo de la carga térmica

El procedimiento a utilizar para el cálculo de carga térmica, es la metodología CLTD/CLF, explicada en el libro Manual ASHRAE 1977 Fundamentos, el cual utiliza los siguientes pasos:

1.2.4 Cálculo de las cargas sensibles

La ganancia de calor es sensible cuando hay una adición directa de calor al espacio condicionado por cualquier o todos los mecanismos de conducción, convección, y radiación según. (ASHRAE, 1997) El calor sensible es calculado a partir de las siguientes secciones: paredes externas, techos, ventanas, particiones, misceláneas (equipos, luces, personas), infiltraciones.

1.2.5 Cálculo de la carga térmica a través de paredes y techos

El cálculo de la carga a través de paredes y techos exteriores se determina a través de la siguiente ecuación:

$$q = U \cdot A \cdot CLTD_c$$

Donde:

A: Área de la pared (ft²) obtenido de las mediciones hecha previamente

U: Coeficiente de Transferencia de Calor [Btu/ (hxft²x°F)]

CLTD_c (*Cooling Load Temperature Difference*): Es un factor de corrección el cual depende del tipo de construcción, orientación, mes, color de la sección y temperatura exterior e interior. CLTD_c entonces se determina por la siguiente fórmula:

$$CLTD_c = [(CLTD + LM) k + (78 - T_r) + (T_o - 85)]$$

Donde:

CLTD = Es la diferencia equivalente de temperatura según el grupo al cual pertenece la pared.

LM = Es la corrección que se debe tener en cuenta por latitud y mes.

T_r = Temperatura de diseño interior obtenidos de las consideraciones de diseño

T_o = Temperatura promedio exterior = $T_{ext. diseño} - \left(\frac{\Delta T_{diaria.ext}}{2}\right)$

k = Factor de corrección por color

Las cargas térmicas a través de particiones, pisos y techos no asoleados se determinan de la siguiente manera:

$$q = U \cdot A \cdot TD$$

Donde

A: Área de la partición o piso (ft²) obtenido de las mediciones hecha previamente

U: Coeficiente de Transferencia de Calor [Btu/ (hxft²x°F)]

TD: Diferencia de temperatura entre los dos espacios (interior y adyacente),

La carga térmica a través de los pisos se considerará solamente cuando exista sótanos o se calcule la carga térmica en pisos.

1.2.6 Cálculo de la carga térmica a través de ventanas

El cálculo total de la carga térmica a través de las ventanas se divide en 2 componentes, carga térmica por conducción y por radiación:

Carga Térmica Ventanas = Cargas por Conducción + Cargas por Radiación

Las cargas térmicas por conducción

Es debido a la diferencia de temperatura interior y exterior, es determinada por la fórmula:

$$q = U \cdot A \cdot CLTD_c$$

Donde:

A: Área de la ventana (ft²) obtenido de las mediciones hecha previamente

U: Coeficiente de Transferencia de Calor [Btu/ (hxft²x°F)]

(CLTD_c (*Cooling Load Temperature Difference*): Es un factor de corrección el cual se determina por la siguiente formula:

$$CLTD_c = CLTD + (78 - T_r) + (T_o - 85)$$

Donde:

CLTD = Es un factor que depende de la hora.

T_r = Temperatura de diseño interior obtenidos de las consideraciones de diseño

T_o = Temperatura promedio exterior

1.2.7 Las cargas térmicas por radiación

Es debido a la energía solar transmitida y absorbida, que la carga térmica por radiación es tomada en cuenta cuando la ventana está en contacto directo con el sol, en caso de que la ventana no esté en contacto con el sol, la carga térmica total a través de la ventana se considerará solo por conducción. Para el cálculo de carga térmica por radiación se debe tener en cuenta la presencia o ausencia de sombreado interior, esta consideración es debido a que el calor absorbido por las cortinas, polarizado o cualquier tipo de sombreado interior difiere del calor absorbido por el piso (si no hay sombreado interior). Para determinar la carga térmica por radiación se utiliza la siguiente fórmula:

$$q = A \cdot SC \cdot SHGF \cdot CLF$$

Donde:

A = Área de la ventana

SC = (*Shading Coefficient*) Coeficiente de sombreado para vidrio.

SHGF = (*Solar Heat Gain Factor*) Factor de ganancia de calor solar. (Btu/hxft²)
Depende de la latitud, orientación y mes.

CLF = (*Cooling load Factor*) Factor de carga de enfriamiento para vidrios. Depende de la hora solar, tipo de construcción, presencia o no de elementos de sombreado y de la orientación.

1.2.8 Cálculo de las cargas térmicas misceláneas (equipos, luces, personas)

Luces:

Para el cálculo de cargas térmicas debido a las luces se utiliza:

$$q = 3.41 \cdot W \cdot CLF \cdot F_{ul} \cdot F_{sa}$$

Donde:

W = Potencia útil en vatios de las lámparas obtenida de las mediciones de los locales

CLF = (*Cooling Load Factor*) Factor de carga de enfriamiento para luces. Depende del tiempo de uso de las luces, en casos de que el equipo funcione solamente cuando las luces estén encendidas, el CLF = 1, también es 1 cuando se utilice las luces las 24 h

F_{ul} = Factor de uso de iluminación, depende del uso total de las lámparas en edificios o locales, el factor es 1 cuando se usa y 0 cuando no se usa

F_{sa} = Factor especial de iluminación, este factor es introducido debido a las lámparas fluorescentes y especiales, generalmente son pérdidas por balastro

Personas:

La carga térmica generada por personas depende del tipo de actividad que la(s) persona(s) esté(n) realizando. Para el cálculo de cargas térmicas sensibles se utiliza la siguiente fórmula:

$$q = N_o \text{ Personas} \cdot \text{Factor de Ocupación} \cdot CLF \cdot \text{Ganancia de Calor Sensible}$$

Donde:

Factor de Ocupación = Fracción del total de personas que ocupan el espacio según la hora.

CLF = (*Cooling Load Factor*) Factor de Carga de enfriamiento para las personas, depende del tiempo en el cual la(s) persona(s) se mantiene(n) en el espacio acondicionado y el tiempo en el cual se entró por primera vez.

Ganancia de Calor Sensible = Factor de carga sensible de las personas, depende de las actividades que la(s) persona(s) esté(n) realizando.

Equipos:

El cálculo de equipos no implica factores de corrección, solo en casos de equipos de cocina o equipos que utilizan gas los cuales generan calor latente. Para este estudio ninguno de los locales utiliza equipos de cocina o funcionan a gas, por lo tanto, para el cálculo de equipos en este estudio se aplicarán los datos de cargas en tablas ASHRAE para los equipos. En caso de no estar tabulado, ASHRAE recomienda utilizar datos de placa y obtener la potencia y multiplicarlo por 0.5, según ASHRAE, el 50% de la potencia obtenida por placa se convierte en calor sensible.

1.2.9 Cálculos de las cargas térmicas a través de infiltraciones

El cálculo de la carga térmica sensible a través de las infiltraciones es el resultado de la diferencia de temperatura del aire saliente y entrante en condiciones estándar de la norma ASHRAE:

$$q = \text{cfm} \cdot 60 \cdot 0.075 \cdot (24.0 + 45.0W) \Delta t$$

En la mayoría de los casos de aire acondicionado encontramos que $W = 0.01$, por lo tanto, de la anterior ecuación queda que:

$$q = 10.1 \cdot \text{cfm} \cdot \Delta t$$

Donde:

cfm = es el flujo de aire que entra y sale al abrirse una puerta, ventana o una grieta.

Δt = diferencia de temperatura exterior e interior

1.2.10 Factor de Corrección por carga sensible

Al calcular los 5 componentes de carga térmica del espacio descrito anteriormente, se asume que toda la energía se transfirió a la carga térmica. En algunos casos, sin embargo, esto no es cierto: Una fracción de la energía de aporte es perdida hacia los alrededores. Esta fracción, F_c , depende de la conductancia termal entre el aire del espacio y los alrededores y es llamada Factor de corrección: $F_c = 1 - 0.2Kt$

Donde

Kt es la conductancia en unidades de longitud entre el aire del espacio y los alrededores en $[\text{Btu}/(\text{hft}^2\text{°F})]$ dados por:

$$Kt = \left(\frac{1}{L_f}\right) \cdot (U_w A_w + U_{ow} A_{ow} + U_c A_c)$$

Donde:

L_f = longitud de las paredes (espacio condicionado) realizado en medidas

U = Coeficiente de transferencia de calor [Btu/ (hxftx°F)] de la sección

A = Área de la sección

Los coeficientes w , ow , c , hacen referencia a la sección a la cual pertenece (w = partición, ow = pared externa, c = corredor) también se deben de tener en cuenta las ventanas, puertas, techos y pisos. Teniendo este factor, se tiene que multiplicar a cada uno de los resultados de las cargas térmicas obtenidas en los 5 puntos anteriores.

El cálculo total de las cargas sensibles es, por lo tanto:

$$Q_{sensible} = (q_{pared} \cdot F_c) + (q_{ventanas} \cdot F_c) + (q_{particiones} \cdot F_c) + (q_{misc\ sensibles} \cdot F_c) + q_{inf\ sensibles}$$

1.2.11 Cálculo de las cargas latentes

La ganancia de calor por cargas latentes es debido a la humedad que se agrega al espacio condicionado (ejemplo: por vapor emitido por los ocupantes). Para mantener una tasa de humedad constante en el espacio cerrado. El vapor de agua en el aparato de enfriamiento debe condensarse hacia afuera en una tasa igual a su tasa de adición en el espacio. La suma total de la energía requerida para hacer esto, esencialmente es igual al producto de la tasa de condensación y el calor latente de condensación. El calor latente es calculado a partir de las siguientes secciones: personas, equipos cuando son equipos de cocina (microondas, hornos, estufas, etc.) e infiltraciones.

El cálculo total de las cargas latentes es, por lo tanto:

$$Q_{latente} = q_{misc\ latentes} + q_{inf\ latentes}$$

1.2.12 Cálculo de la carga total en toneladas de refrigeración

El cálculo total de la carga térmica es la suma total de las cargas sensibles y latentes:

$$\text{Cálculo Total Carga Térmica} = Q_{sensible} + Q_{latente}$$

Por último, se agregará un factor de diseño el cual sirve para corregir errores de diseño, dicho factores de 10% por lo tanto:

$\text{Cálculo Real Carga Térmica} = \text{Cálculo Total (TON)} \cdot 1.1$

El método CLTD/CLF corresponde a un método de 24 horas, gracias a esto, se pueden determinar la carga térmica por hora y determinar cuál es la hora pico (hora en la cual el equipo tiene que trabajar más) y el comportamiento de la carga por hora.

1.3 Equipos de climatización

Aire acondicionado Roof-top

Un equipo de climatización tipo Roof-top no es más que un equipo compacto. No solo Split pero fundamentalmente se trata de una máquina con todo el sistema frigorífico en un mismo chasis, no hay conexiones frigoríficas. Si hacemos una analogía con un equipo de aire acondicionado doméstico podríamos decir que tenemos unidad interior y exterior en el mismo bloque. ([https://nergiza.com/que es un rooftop de aire acondicionado/](https://nergiza.com/que-es-un-rooftop-de-aire-acondicionado/))

El aire acondicionado Roof-top genera agua fría, a través del intercambio de calor entre el sistema de circulación de la torre de enfriamiento y el sistema de refrigeración. La combinación de este enfriador con otros equipos especializados, genera sistemas de aire acondicionado industrial eso comerciales de máximo rendimiento.

Características

Este equipo de aire acondicionado compacto tiene un amplio rango de capacidades de refrigeración, desde 140 kW hasta 420 kW, por lo que puede adaptarse a diferentes necesidades de refrigeración. El aire acondicionado Roof-top tiene una estructura compacta que contiene todos los elementos necesarios para el funcionamiento del equipo y no necesita la instalación de tuberías. El evaporador de este sistema de acondicionamiento de aire está diseñado especialmente de manera que la unidad ocupa un espacio reducido y posee una estructura compacta. Estas características facilitan el transporte marino de los equipos de aire acondicionado mediante contenedores a largas distancias. Al mismo tiempo, el aire acondicionado Roof-top es resistente al agua, no necesita

ensamblarse en el lugar de la instalación, lo que reduce el coste total del equipo. (https://www.climadesign.com.ar/info/aire_acondicionado_rooftop)

Uso

Su uso está extendido en zonas donde no hay zonificación y la cubierta está en contacto directo con la zona a climatizar.

- Áreas comerciales
- Naves industriales
- Pabellones

Ventajas

La principal ventaja de un Roof-top es su simplicidad, es un equipo que se ubica en cubierta con una grúa y simplemente hay que añadirle una red de conductos y situar el termostato en ambiente, no hay tuberías, soldaduras, etc. Todo el sistema de regulación de temperatura, *free-cooling*, recuperación, etc. está incluido en el equipo, no es necesario añadir componentes externos más que la red de conductos. Existen Roof-tops con posibilidad de añadirle calefacción por gas para demandas más exigentes o zonas muy frías. ([https://nergiza.com/qué es un rooftop de aire acondicionado/](https://nergiza.com/qué_es_un_rooftop_de_aire_acondicionado/))

Desventajas

Es un equipo pesado y hay que tenerlo en cuenta a la hora de situarlo en cubierta, no queremos que acabe en el suelo. No permite mucha flexibilidad a la hora de zonificar, si queremos tener varias zonas con diferentes temperaturas va a ser complicado encajar un Roof-top, aunque hay soluciones (parciales) con compuertas motorizadas. ([https://nergiza.com/qué es un rooftop de aire acondicionado/](https://nergiza.com/qué_es_un_rooftop_de_aire_acondicionado/))

Chiller de enfriamiento

En palabras sencillas, un Chiller de enfriamiento es un sistema de aire acondicionado muy grande. La diferencia está en que el funcionamiento cambia debido a su gran tamaño. Este generalmente se emplea en lugares grandes como fábricas o centros comerciales. Toda instalación genera y retiene calor así esto no

se desee, ya sea debido al personal trabajando en estas, los equipos que se manejan o por la carga térmica del sol. Este calor necesita eliminarse no solo para que la gente dentro se mantenga a una temperatura cómoda, sino también para mantener el equipo eléctrico y mecánico dentro del límite térmico apropiado y no dañarlo. ([http://www.motorex.com.pe/blog/necesitas saber chillers enfriamiento/](http://www.motorex.com.pe/blog/necesitas_saber_chillers_enfriamiento/))

Clasificación

Estos se clasifican de acuerdo al método que utilizan para eliminar el calor no deseado retenido en la instalación. Existen dos tipos de Chiller de enfriamiento: las unidades de enfriamiento por agua y por aire. Los Chillers de enfriamiento por agua usan torres de enfriamiento para eliminar el calor. Por otra parte, los Chillers de aire eliminan el calor a través de su condensador, al igual que un equipo de aire acondicionado tradicional. Por lo general, los lugares predilectos para colocarlos son el techo o el sótano. Los Chillers de aire tienden a ser colocados en el techo, mientras que los de agua se colocan en el sótano. ([http://www.motorex.com.pe/blog/necesitas saber chillers enfriamiento/](http://www.motorex.com.pe/blog/necesitas_saber_chillers_enfriamiento/))

Funcionamiento

El agua que se requiere enfriar circula a través de un intercambiador. Este flujo de agua transmitirá su calor al flujo del refrigerante, ya que éstos se encuentran separados por la pared del tubo. El refrigerante, al recibir el calor, se evapora debido a sus características y a la baja presión de evaporación. El refrigerante es extraído por el compresor, el cual lo envía comprimido hacia el condensador. En dicho proceso, el refrigerante se calienta por el efecto de la compresión y del calor del motor del compresor. El gas caliente del compresor entra al condensador, en donde su calor es transmitido a un medio refrigerante, que bien puede ser agua o aire. El calor extraído provoca que el refrigerante se condense a alta presión. El refrigerante en estado líquido a alta presión puede ser almacenado o enviado directamente al a válvula de expansión para su inyección en el evaporador y así reiniciar el ciclo. ([https://0grados.com.mx/chillers aspectos técnicos/](https://0grados.com.mx/chillers_aspectos_técnicos/))

Ventajas

La ventaja principal del Chiller es que, por ser controlado en forma electrónica, provee el agua a una temperatura deseada con más precisión, y puede bajar más la temperatura al agua en comparación con otros equipos como torres de enfriamiento.

Por ser un circuito generalmente cerrado, el agua se contamina menos y la reposición de esta es menor o seas no hay tanta perdida por evaporación. La instalación es relativamente reducida y el Chiller generalmente tiene gran cantidad de sensores de presión, temperatura, flujo, voltaje, corriente, lo que lo hace muy útil en cuanto a la detección de problemas en el sistema según (<http://tecnologias industriales el salvador.blog spot.com/2016/04/ventajas y desventajas de los chillers.html>)

Desventajas

La principal desventaja es que el Chiller es un equipo caro, y requiere de un mantenimiento más especializado por lo que incrementa el costo del proceso.

Aires de ventana

Los sistemas de Aire Acondicionado tipo ventana son equipos cuya instalación requiere de una abertura en la pared, quedando así, una parte del sistema en el interior de la habitación y otra en el exterior. Es uno de los sistemas más utilizados y económicos, sin embargo, debido a su diseño e instalación no se puede instalar en habitaciones interiores. El Aire Acondicionado Tipo Ventana, por su economía y facilidad de instalación, es ideal tanto para uso residencial como comercial para espacios como cocinas, tiendas u oficinas pequeñas. (<https://www.cosmos.com.mx/wiki/aire acondicionado tipo ventana csr8.html>)

Proceso

La parte interior del sistema de Aire Acondicionado tipo Ventana extrae el aire caliente de la habitación y lo dirige hacia el evaporador donde se enfría; del otro lado un ventilador envía al aire al condensador donde se hace pasar gas freón. En estos equipos el aire que se mueve dentro del cuarto. En la parte frontal se encuentra el serpentín de refrigeración. Inicia el funcionamiento del ventilador y luego el del compresor para enfriar el serpentín del evaporador.

El ventilador absorbe el aire de la habitación, así como la suciedad y las partículas de polvo. El aire del cuarto pasa a través del filtro, en el que las partículas de suciedad y el polvo quedan retenidos. El aire pasa por el serpentín de refrigeración donde se producen dos procesos: enfría la temperatura del aire de la habitación y elimina la humedad del aire. (https://www.cosmos.com.mx/wiki/aire_acondicionado_tipo_ventana_csr8.html)

Inconveniente

Una de las quejas de los aires acondicionados de ventana es que tienden a hacer ruido en el interior de la habitación. Pero este problema ha sido superado hoy en día, por los compresores rotativos menos ruidosos y más eficientes, que también consumen menos energía eléctrica. Hay un número de modelos de aspecto lujoso y elegante de aires acondicionados de ventana que realzan la belleza de las habitaciones. (http://www.aireacondicionadonet.com/aire_acondicionado_de_ventana)

Aire Acondicionado tipo Split

El aire acondicionado Split es uno de los sistemas más comercializados. Cuando hablamos de Split, estamos hablando de la unidad interior de la instalación. Estas unidades de sistemas de aire acondicionado necesitan perforar la pared para poder conectar los tubos de la unidad exterior con la interior. La potencia de los sistemas de aire acondicionado Split se puede encontrar en grandes variedades en el mercado y, las ofertas que se consiguen pueden dejar buenos rendimientos. Además, dependiendo del modelo, se pueden encontrar opciones bastante silenciosas que permiten tener el máximo confort. (https://www.hogarsense.es/aire-acondicionado/split_ventajas)

Debido a que los sistemas de climatización tipo Split tienen componentes electrónicos y electromecánicos, existe el riesgo de que presenten fallas, razón por la cual necesitan mantenimiento de manera periódica. Esto no significa que los equipos sean de menor calidad, o que tengan un rendimiento inferior a los equipos tradicionales, simplemente la tecnología empleada para hacer posible su alta eficiencia y excelente estética requiere de mayores cuidados.

([https://inverter.mx/caracteristicas esenciales de los equipos de-aire acondicionado split/](https://inverter.mx/caracteristicas-esenciales-de-los-equipos-de-aire-acondicionado-split/))

Funcionamiento

El funcionamiento se basa en la extracción del calor al exterior con un compresor, que da inicio a un proceso de enfriamiento que se encuentra integrado a un evaporador y un ventilador conectado a un sistema de tubos que transportan el aire. El compresor de los equipos es controlado por un termostato interno, que identifica el aire caliente y lo hace circular por gas refrigerante para aumentar su presión y su temperatura, lo que después es comprimido en las tuberías y se mueve al condensador según lo planteado en *([https://inverter.mx/caracteristicas esenciales de los equipos de aire acondicionado split/](https://inverter.mx/caracteristicas-esenciales-de-los-equipos-de-aire-acondicionado-split/))*

En el condensador se elimina el calor del gas de alta presión para que pase a estado líquido el cual se enfría y pasa a través de los tubos hasta llevar al evaporador. En el evaporador, el ventilador acumula el aire caliente y lo lleva a través de una cámara con refrigerante líquido, para que una vez el aire que pasa a través del refrigerante, ya con una temperatura baja pase a la habitación para que la temperatura del ambiente disminuya, así se plantea en *([https://inverter.mx/caracteristicas esenciales de los equipos de aire acondicionado split/](https://inverter.mx/caracteristicas-esenciales-de-los-equipos-de-aire-acondicionado-split/))*

1.4 Programas de cálculo

Ductzone

Este es un Software fue creado por la empresa Airzone, distribuidora de sistemas de control para la climatización, es un programa de cálculo de conductos de aire acondicionado y ventilación específicamente orientado al sector de la prescripción. El software Ductzone es una herramienta para el diseño de cualquier tipo de instalación de climatización y prescribir las soluciones de control y difusión de aire de la marca.

([https://www.caloryfrío.com/aire acondicionado/aireacondicionadocomercial/nuevo software airzone proyectistas orientado cálculo conductos aire acondicionado.html](https://www.caloryfrío.com/aire-acondicionado/aireacondicionadocomercial/nuevo-software-airzone-proyectistas-orientado-cálculo-conductos-aire-acondicionado.html))

Este software permitirá a los usuarios, entre otras muchas funciones, seleccionar el sistema de zonificación o de control que más se ajuste a las necesidades de la

instalación, calcular las redes de conductos, dimensionar los equipos de emisión, proporcionar los esquemas de conexión o generar presupuestos (PVP) precio de venta presupuestado. (https://www.caloryfrio.com/aire_acondicionado/aire_acondicionado_comercial/nuevo_software_airzone_proyectistas_orientado_calculo_conductos_aire_acondicionado.html)

Clwin

Características generales

Estima las cargas térmicas que inciden en un edificio y determina las características de los equipos de acondicionamiento de aire: Potencia frigorífica, potencia calorífica, caudal de aire, ventilación, parámetros de las baterías, etc. (<https://www.imventa.com/clwin>)

- Permite importar un plano del edificio realizado previamente con un programa de CAD en formato DXF o DWG de modo que todas las dimensiones y medidas se pueden tomar directamente del programa.
- Cómodo entorno gráfico con información en pantalla sobre los elementos que forman el edificio relacionados de forma jerárquica: Edificio, sistemas, zonas, cerramientos, acristalamientos, ocupación, iluminación...
- Contiene bases de datos con los elementos constructivos más utilizados pero que además está totalmente abierta a las modificaciones del usuario. Incluye el Catálogo de elementos constructivos del CTE-HE.
- Aplica las condiciones de cálculo y diseño establecidas en el "Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios" RITE de 2007 y modificaciones posteriores.
- Realiza el cálculo de las ganancias instantáneas de calor y su transformación en cargas de refrigeración según dos métodos de cálculo: las funciones de transferencia (TFM) o las series temporales radiantes (RTS), ambos métodos desarrollados por ASHRAE.
- Calcula los parámetros de funcionamiento de la batería del evaporador, obteniendo los caudales de aire tratado, de retorno y de ventilación, con sus propiedades higrotérmicas.

- Apto para cálculos de edificios ubicados en cualquier situación del mundo y para cualquier hora y día del año.
- Posibilidad de especificar y almacenar horarios de funcionamiento para iluminación, personal, ventilación y equipos eléctricos con objeto de facilitar la definición de cargas.
- Opciones para estudiar la sombra producida por aleros y voladizos durante todo el año y su influencia en la carga térmica.
- Genera gráficos de evolución de las ganancias instantáneas y de la carga térmica a lo largo del día.
- Genera una extensa documentación compuesta por tablas con el desglose de cargas para calefacción, refrigeración, resumen por zonas, por sistemas o por edificio, etc.

HAP (Carrier)

HAP es una herramienta informática que ayuda a los ingenieros a diseñar sistemas de climatización. HAP es dos herramientas en una. Primero es una herramienta para estimar cargas y diseñar sistemas. Segundo, es una herramienta para simular el uso de energía y calcular los costos de energía. En esta capacidad es útil para LEED, diseño esquemático y detallado, diseñar evaluaciones de costos de energía. HAP utiliza el método de función de transferencia avalado por ASHRAE para la carga, cálculos y técnicas detalladas de simulación energética de 8.760 horas por cada hora para el análisis energético.

Características del diseño del sistema HAP

HAP estima el diseño de cargas de enfriamiento y calefacción para uso comercial y edificios para determinar los tamaños requeridos para los componentes del sistema HVAC. En definitiva, el programa proporciona información necesaria para seleccionar y especificar equipos. Específicamente, el programa realiza las siguientes tareas:

Calcula las cargas de diseño de refrigeración y calefacción para espacios, zonas y bobinas en el sistema HVAC.

Determina las tasas de flujo de aire requeridas para espacios, zonas del sistema.

Tamaño de bobinas de enfriamiento y calentamiento.

Tamaño de ventiladores de circulación de aire.

Tamaño de enfriadores y calderas.

Características de análisis de energía HAP

EL HAP estima el uso de energía anual y los costos de energía para HVAC y sistemas de consumo de energía no HVAC en un edificio simulando la operación del edificio para cada una de las 8.760 horas en un año. Los resultados del análisis de energía se utilizan para comparar el uso de energía y los costos de energía de diseños alternativos de sistemas HVAC para que se pueda elegir el mejor diseño. Específicamente, HAP realiza:

Simula la operación hora por hora de todos los sistemas de calefacción y aire acondicionado en el edificio.

Simula la operación hora por hora de todos los equipos de la planta en el edificio.

Simula la operación hora por hora de sistemas que no son HVAC, incluyendo iluminación y electrodomésticos.

Utiliza los resultados de las simulaciones hora por hora para calcular el uso total de energía anual y los costos de energía.

Genera informes tabulares y gráficos de datos por hora, diarios, mensuales y anuales.

Tras haber realizado una exhaustiva búsqueda bibliográfica por los requerimientos de diseño y explotación de hoteles y los avances en cuestiones de climatización, el investigador apoyado por criterio de expertos consultados, decidió continuar el proyecto con el empleo del software HAP, para realizar los cálculos.

Capítulo 2. Estimación de cargas térmicas y propuesta de reacondicionamiento del sistema de climatización en las habitaciones del Servicio Real del Hotel Playa Pesquero.

Introducción al capítulo

El Hotel Playa Pesquero de Holguín cuenta en el servicio planta real con 13 *Bungalow* de cuatro habitaciones cada uno, con un total de 52 habitaciones. Este cuenta con un sistema de climatización en donde se implementó en cada *Bungalow* un *Split* independiente de 2 toneladas de refrigeración. En el siguiente capítulo, se realizará un estudio de la eficiencia del clima y de las cargas térmicas en las habitaciones del servicio real del hotel playa pesquero de Holguín. A través del software HAP (Carrier), se realizarán los cálculos para obtener un informe donde se pueda valorar la opción más eficiente y la más económica en el sistema de climatización de las habitaciones. Se presenta una evaluación del ahorro económico previsto con el estudio.

2.1 Cálculo de cargas térmicas de la habitación.

Para la realización del cálculo de las cargas térmicas se emplea el software HAP (Carrier). Donde se introducen los diferentes parámetros para el cálculo. La versión empleada para el desarrollo de la tesis es la 4.51 como se muestra en la siguiente figura.

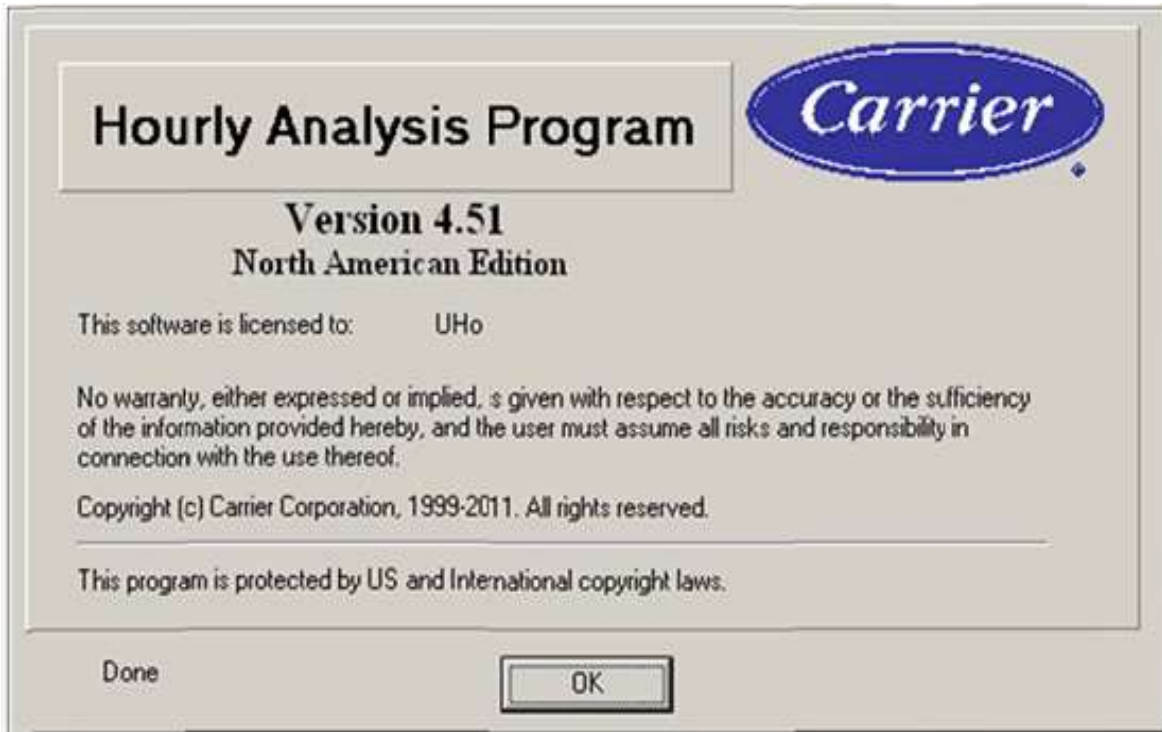


Figura 2.1 Interface de software HAP Versión 4.51 (Carrier).

2.1.1 Condiciones climáticas (*Weather Properties*)

Parámetros de diseño (*Desing Parameters*)

Para los parámetros de diseño en la primera parte del software se introducen los diferentes parámetros que definen las condiciones climáticas, según la selección de la región y localidad donde se realizará la instalación. Ellos son definidos con una base de datos de monitoreo de condiciones climáticas aportada por el Instituto de Meteorología de Holguín que registra el comportamiento histórico de cinco años. Se establecen los parámetros de diseño guardados en la base de datos del HAP como se muestra en la figura 2.2.

Figura 2.2 Parámetros de diseño

Temperaturas mensuales máximas y mínimas (Monthly Max/Min)

En la siguiente figura se muestra como quedaron establecidos los valores de las temperaturas máximas y mínimas para la región estudiada, tanto del bulbo seco como la del bulbo húmedo, de cada mes del año. Estos valores se obtienen promediando las temperaturas diarias de cada mes, obtenidas de los registros estadísticos de la ciudad, en los últimos 5 años. Basado en esos datos recopilados se generan los estudios psicométricos que tiene programado el software. Ello permite establecer correctamente los perfiles adecuados para los comportamientos horarios.

Perfil de temperatura horaria (Hourly Detail View)

Basado en la tabla de Temperaturas mensuales máximas y mínimas, las Temperaturas de diseño en verano y las Temperaturas de diseño en invierno, el HAP construye el Perfil de temperaturas horaria de las 24 horas del día y de los 12 meses del año. Lo cual permitirá un establecimiento óptimo de las cargas para las diferentes condiciones de trabajo durante el día, cuestión que no era posible calcular con tanto grado de precisión por los métodos de cálculos tradicionales.

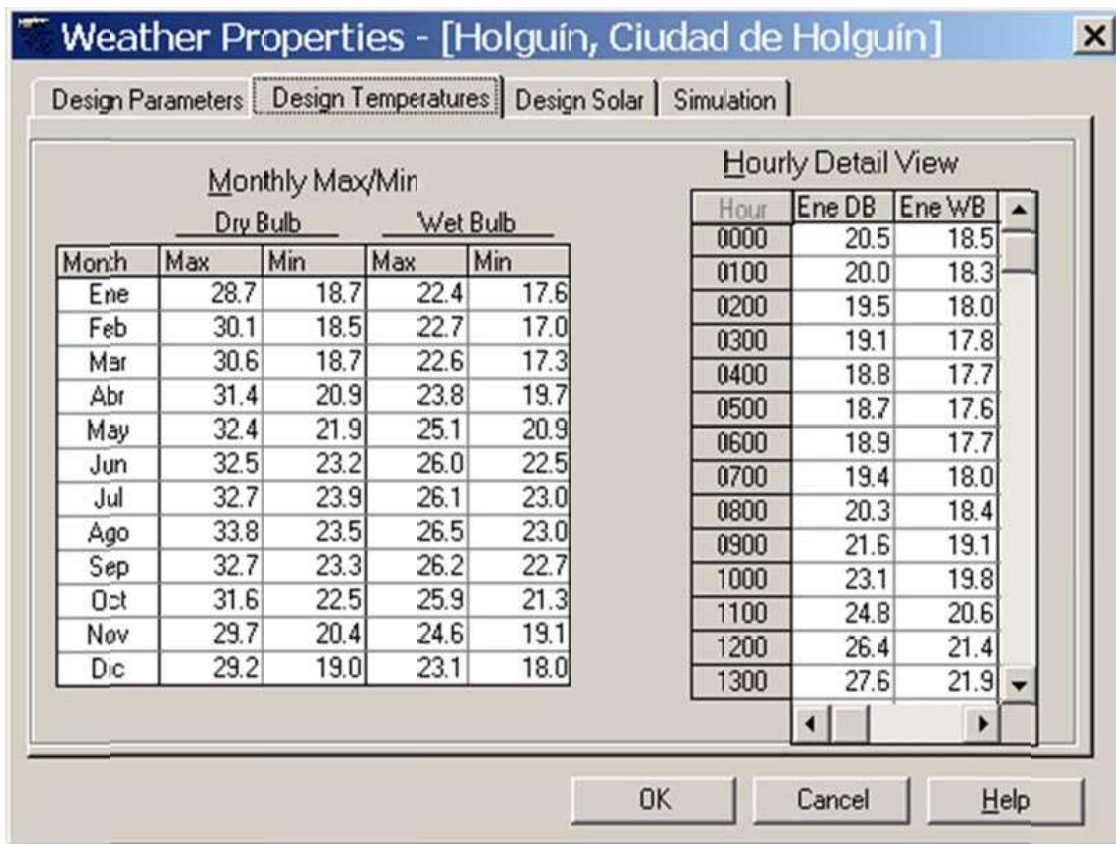


Figura 2.3 Temperaturas de diseño

Radiación solar de diseño (*Design Solar*)

Mediante el software se procesan los parámetros de diseño que se establecieron previamente, y se construye el perfil de las ganancias de calor por radiación solar (*SolarHeatGains*), de las 24 horas del día y de los 12 meses del año, y para todas las orientaciones de muros exteriores y cubiertas. Ello se muestra en la siguiente figura.

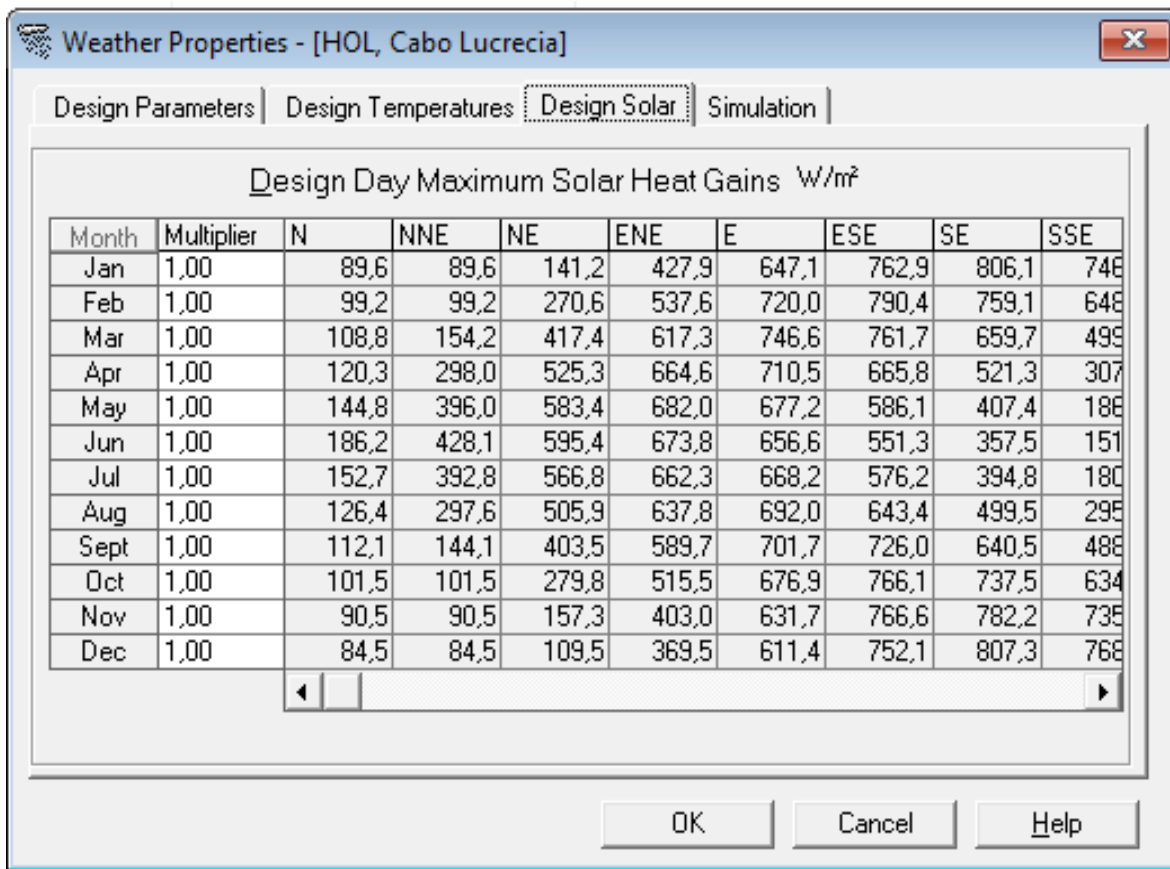


Figura 2.4 Radiación solar de diseño

2.1.2 Espacios (Space Properties)

Una vez completada la caracterización de área donde se pretende reacondicionar el sistema de climatización, se procede a la segunda parte del estudio, donde se introducen los diferentes datos relacionados con las propiedades del espacio. Para ello fue necesario realizar un levantamiento de las condiciones técnicas y geométricas de las habitaciones en estudio. Las cuales se muestran en la siguiente figura.

Características generales(General)

Se introdujeron los datos requeridos tales como son:

- Nombre del espacio (*Space Name*).
- Área del piso (*Space Floor Area*)
- Altura media del techo (*Average Ceiling Height*)

- Peso de la estructura (*Building Weight*)
- Requerimientos de ventilación (*Ventilation Requirements*)

The screenshot shows a software dialog box titled "Space Properties - [Hab. PR Hotel Play Pesq.]". It has several tabs: "General", "Internals", "Walls, Windows, Doors", "Roofs, Skylights", "Infiltration", "Floors", and "Partitions". The "General" tab is active. The dialog contains the following fields and controls:

- Name:** Hab. PR Hotel Play Pesq.
- Floor Area:** 34,0 m²
- Avg Ceiling Height:** 2,7 m
- Building Weight:** 341,8 kg/m²
- Lighting Level:** A slider control set to "Med." (Medium), with "Light" and "Heavy" options also visible.
- OA Ventilation Requirements:**
 - Space Usage:** <User-Defined>
 - OA Requirement 1:** 7,0 L/s/person
 - OA Requirement 2:** 0 L/(s·m²)
- Footnote:** Space usage defaults: ASHRAE Std 62.1-2007. Defaults can be changed via View/Preferences.
- Buttons:** OK, Cancel, Help.

Figura 2.5 Características generales

Cargas internas (*Internals*)

Se utilizaron los datos obtenidos y se realizaron los diferentes horarios para introducir los datos siguientes:

- Iluminación general (*Overhead Lighting*)
- Tipo de luminaria (*Fixture Type*)
- Potencia (*Wattage*)
- Multiplicador de Balasto (*Ballast Multiplier*)
- Horario(*Schedule*)
- Iluminación adicional (*Task Lighting*)
- Potencia(*Wattage*)
- Horario(*Schedule*)
- Equipos eléctricos (*Electrical Equipment*)
- Potencia(*Wattage*)

- Horario(*Schedule*)
- Personas(*People*)
- Ocupación(*Occupancy*)
- Nivel de actividad (*Activity Level*)
- Horario(*Schedule*)
- Otras cargas (*Miscellaneous Loads*)
- Carga sensible(*Sensible*)
- Horario sensible (*SensibleSchedule*)
- Carga latente(*Latent*)
- Horario latente (*Latent Schedule*)

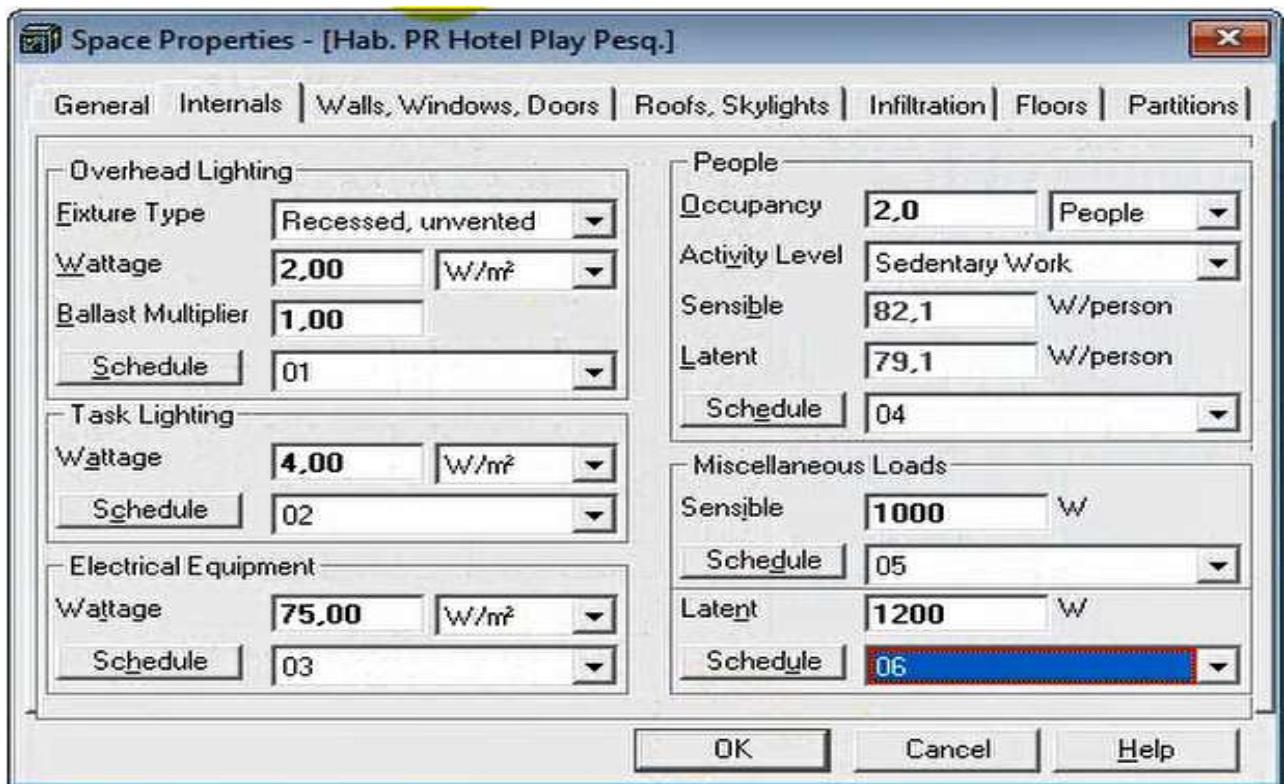


Figura 2.6 Cargas internas

Horario de alumbrado

Se crean los diferentes horarios en dependencia del comportamiento del alumbrado, según se establece en la norma cubana 220-3 del 2009.

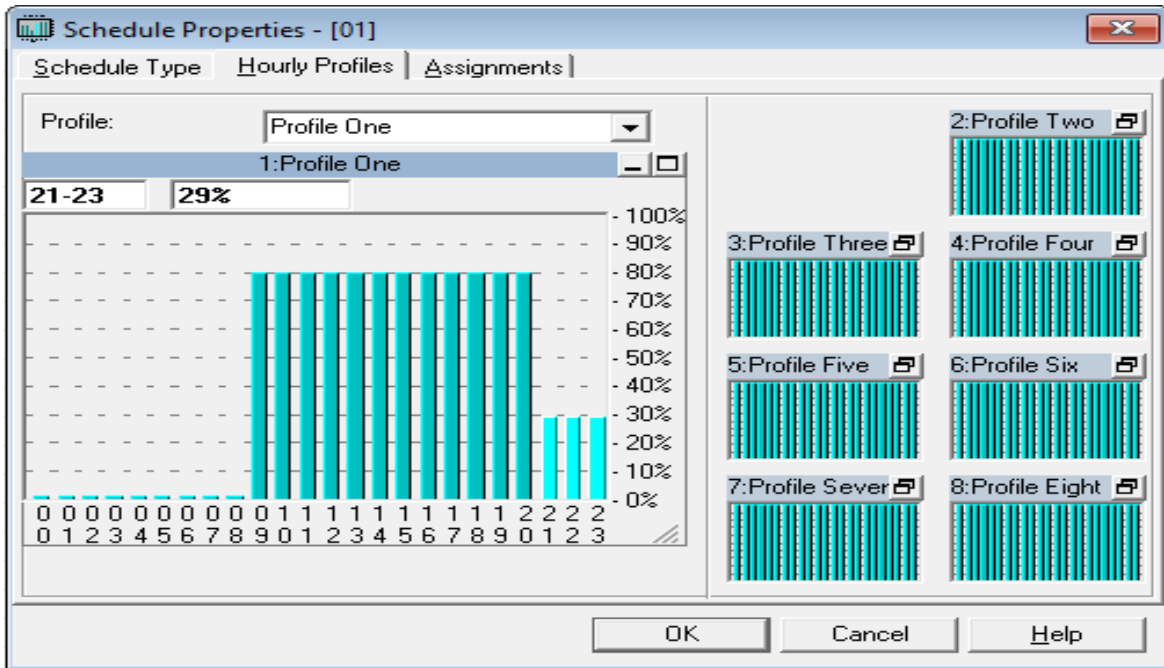


Figura 2.7 Perfil Horario de trabajo estimado.

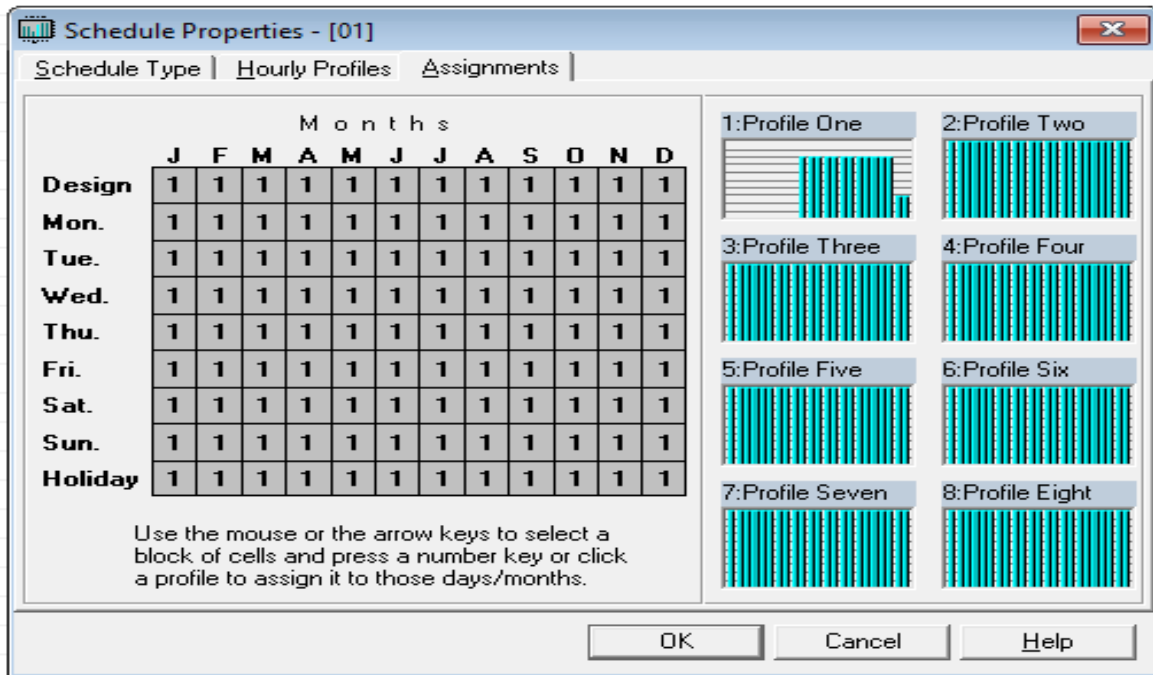


Figura 2.8 Asignación.

Muros, Ventanas y Puertas (*Walls, Windows, Doors*)

Se establecen las dimensiones y materiales de los muros, ventanas y puertas exteriores.



Figura 2.9 Muros, ventanas y puertas.

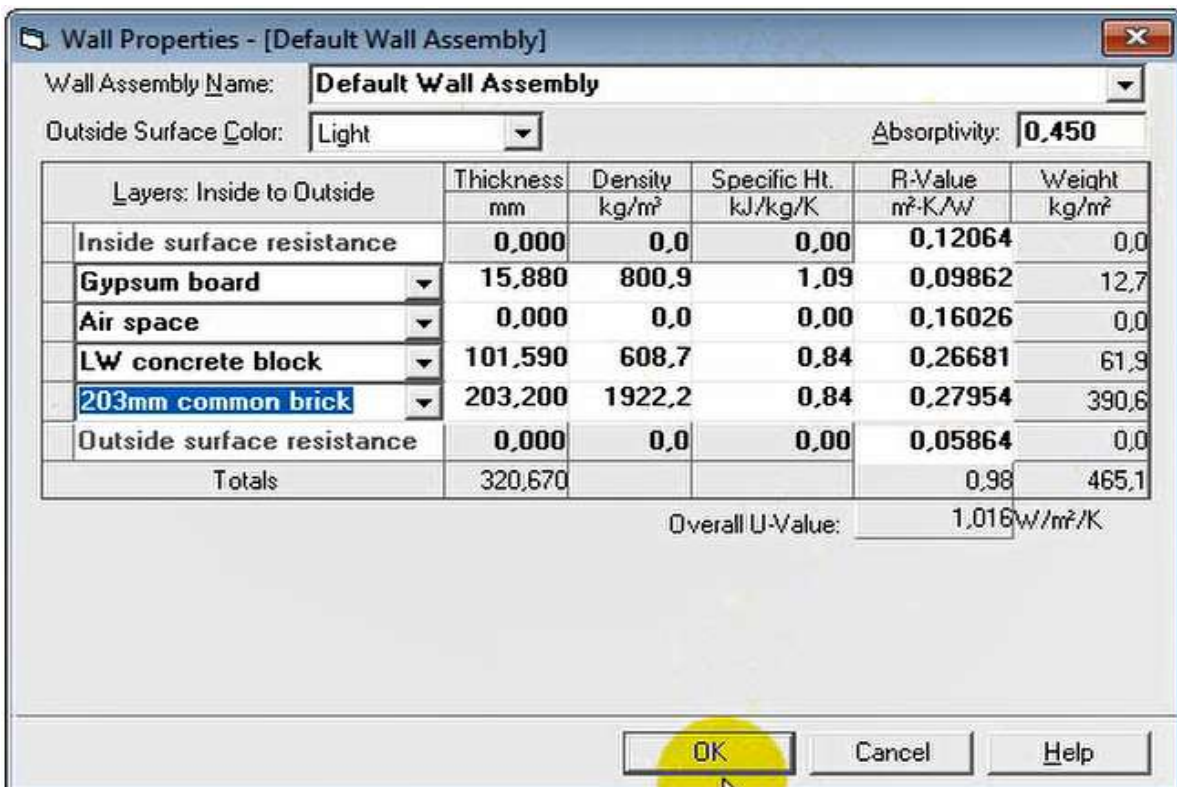


Figura 2.10 Propiedades del Muro

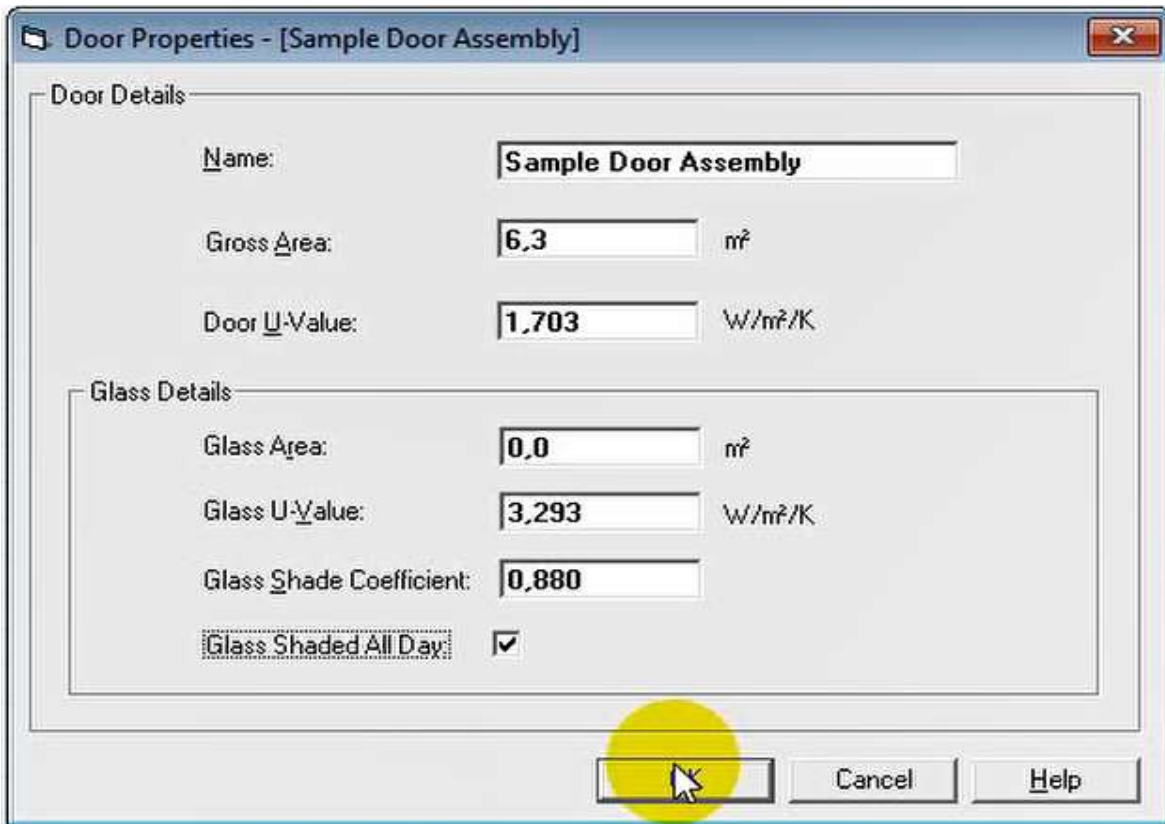


Figura 2.11 Propiedades de la puerta

Cubiertas y Claraboyas (*Roofs, Skylights*)

Se establecen las dimensiones y materiales de las cubiertas y claraboyas

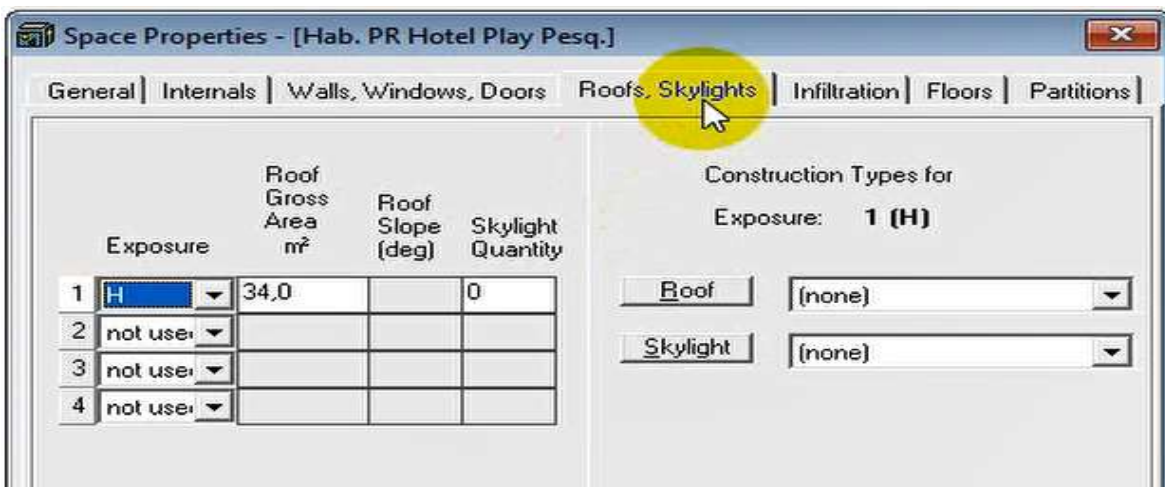


Figura 2.12 Cubiertas y Claraboyas

Roof Properties - [Default Roof Assembly]

Roof Assembly Name: **Default Roof Assembly**

Outside Surface Color: **Light** Absorptivity: **0,450**

Layers: Inside to Outside	Thickness mm	Density kg/m ³	Specific Ht. kJ/kg/K	R-Value m ² ·K/W	Weight kg/m ²
Inside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,12064	0,0
▶ Steel deck	0,853	7833,0	0,50	0,00002	6,7
Board insulation	25,400	32,0	0,92	1,22291	0,8
Built-up roofing	9,540	1121,3	1,47	0,05847	10,7
Outside surface resistance	0,000	0,0	0,00	0,05864	0,0
Totals	35,793			1,46	18,2

Overall U-Value: 0,685 W/m²/K

Figura 2.13 Propiedades de la cubierta.

Infiltración(Infiltration)

Se introduce el caudal de aire de Infiltración a través de puertas y ventanas en L/s o L/s.m² o ACH. Además, se define cuando ocurren (*Infiltration occurs*): Todo el tiempo (*All Hour*) o sólo cuando el ventilador del equipo de climatización esté apagado (*Only When Fan Off*).

Pisos(Floors)

Se establece las condiciones y características del Piso del local. Donde se selecciona el tipo de piso (*Floor Type*). Las habitaciones del Hotel son del tipo: Piso sobre espacio condicionado (*Floor Above Conditioned Space*)

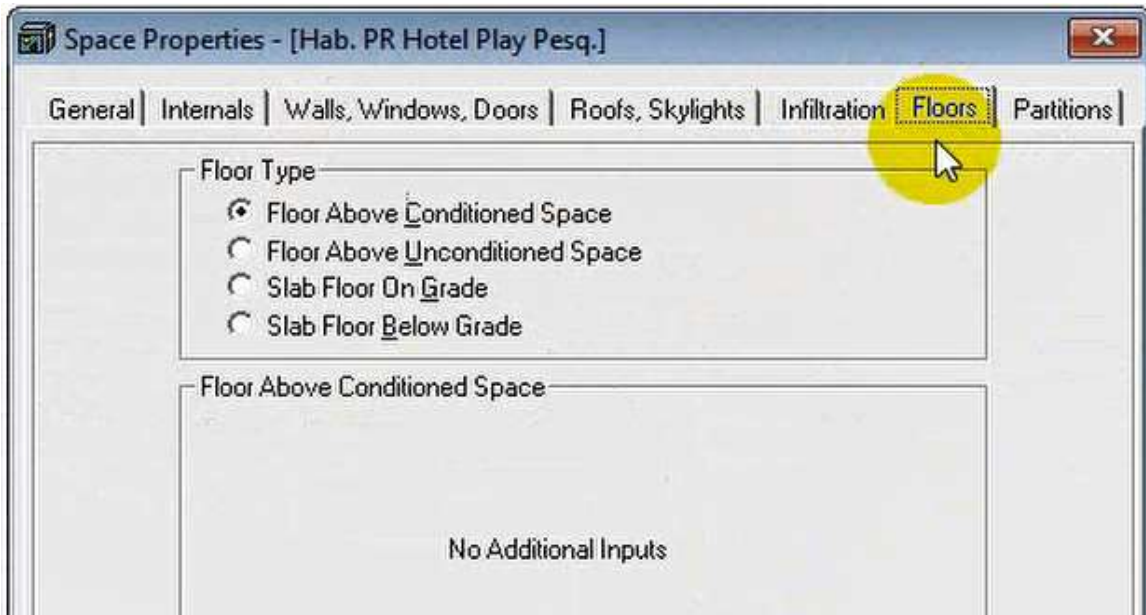


Figura 2.14 Pisos

Particiones (*Partitions*)

Se establecen las dimensiones y propiedades de los muros interiores (*Wall Partition*), y los techos no expuestos al exterior (*Ceiling Partition*).

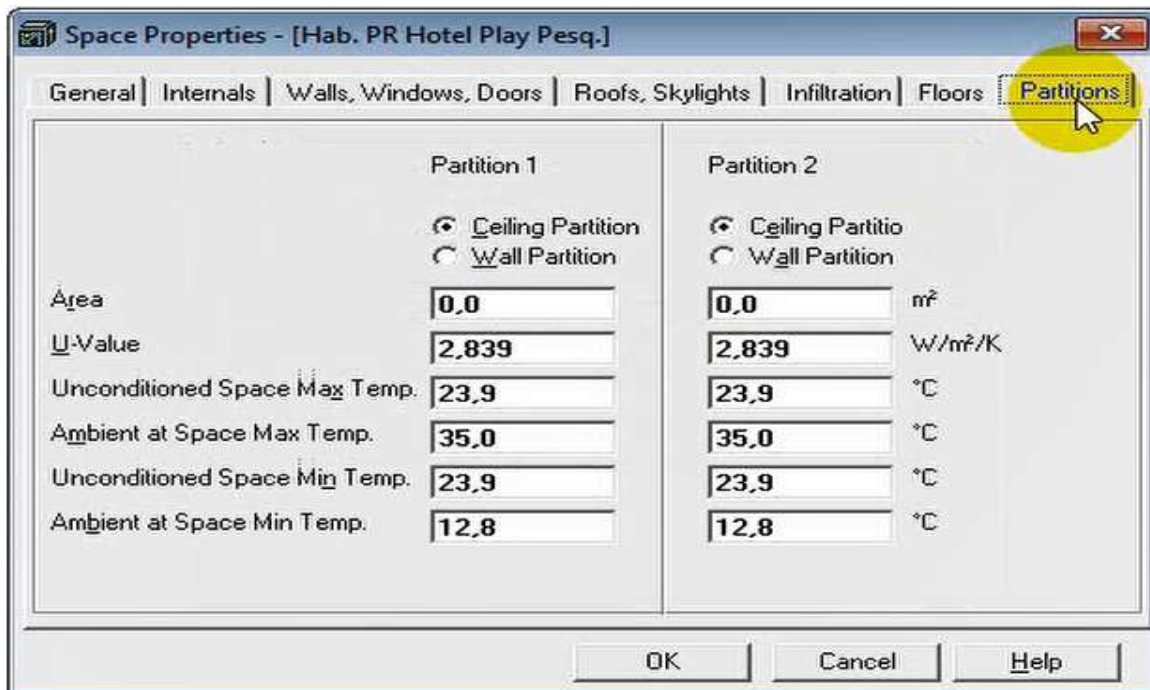


Figura 2.15 Particiones

2.1.3 Sistema de tratamiento del aire (*Air System Properties*)

Características generales(*General*)

Se establece el Nombre del Sistema (*Air System Name*), el Tipo de Equipo (*Equipment Type*) y el Tipo de Sistema de Aire (*Air System Type*).

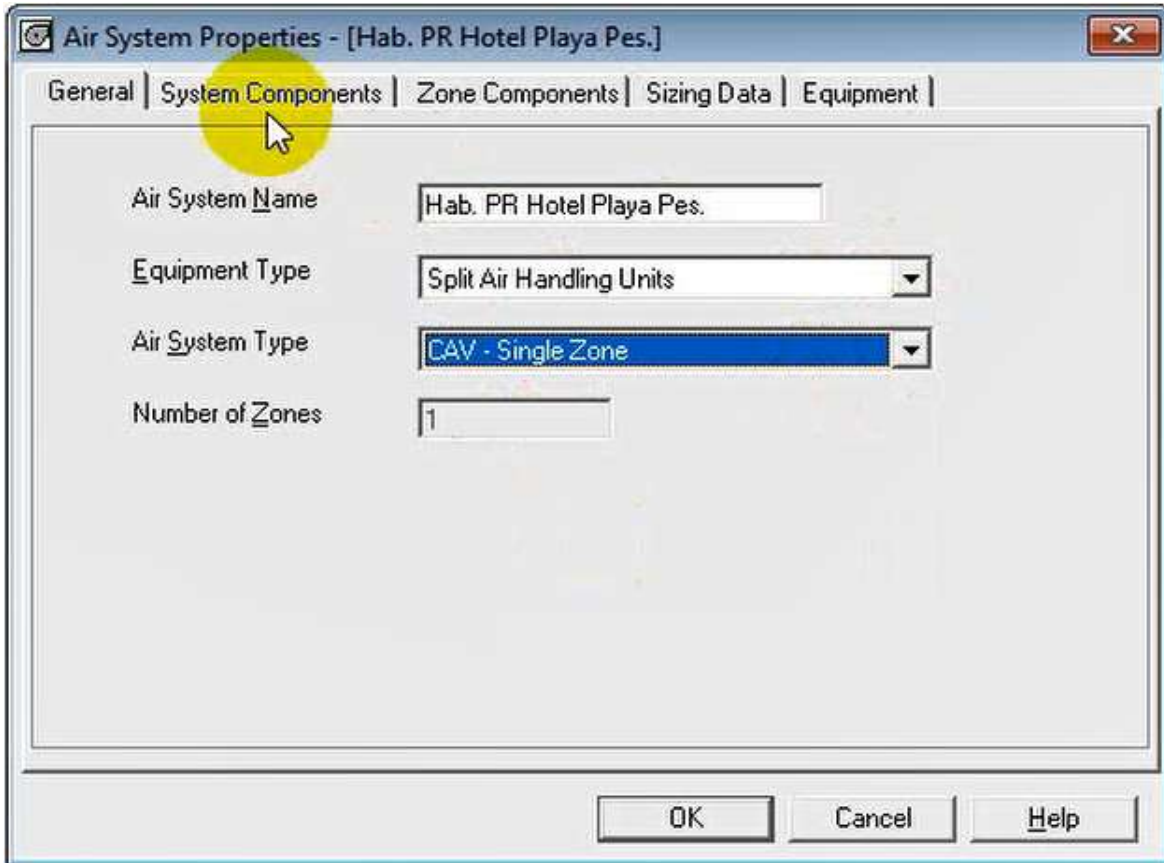


Figura 2.16 Sistema de tratamiento de aire. Características generales

Componentes del sistema (*System Components*)

Se establecen los Componentes del Sistema: ventiladores, serpentines e información sobre el sistema de conducto de distribución

Componentes de la zona (*Zone Components*)

Se establecen los locales que pertenecen a la zona, las características del termostato y de las unidades terminales de impulsión.

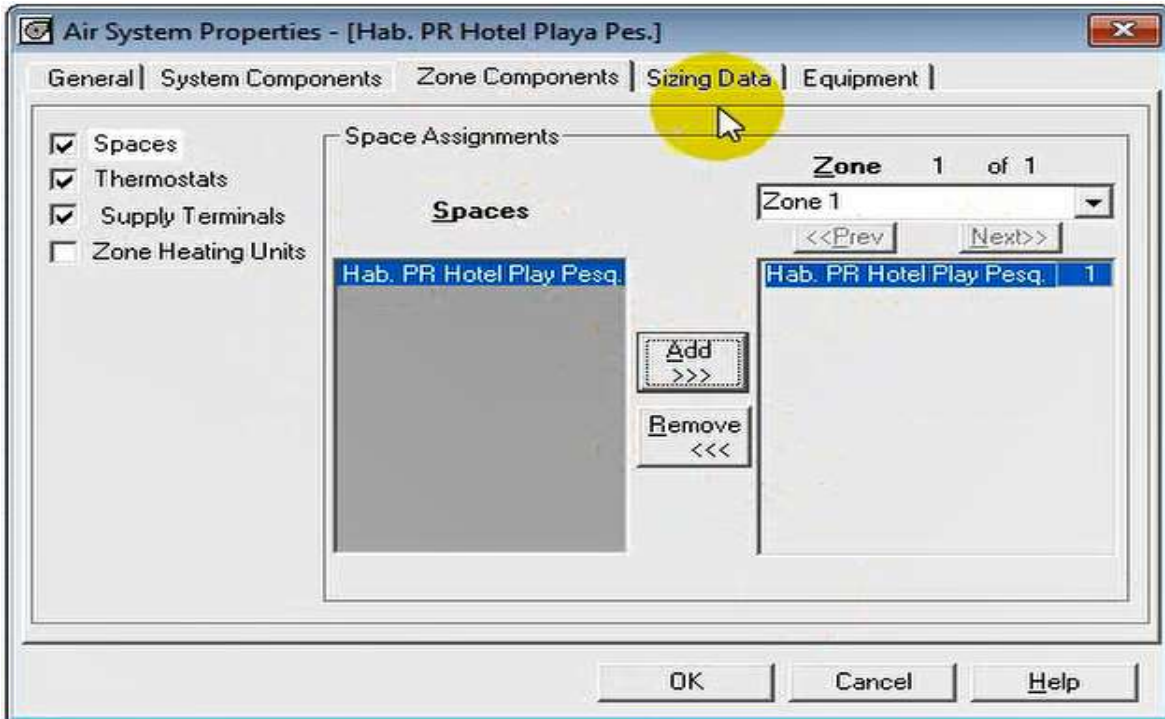


Figura 2.17 Componentes de la zona. Lugar (*Spaces*)

Dimensionamiento (*Sizing Data*)

Se establecen los datos para el dimensionamiento del sistema de climatización.

Se solicita un informe diseñado por el sistema sobre el comportamiento de las cargas por zona horaria y de cargas del sistema de aire por hora, donde se establecen el rango de tiempo en el que se desea obtener el informe. Seleccionando obtener un reporte sobre las cargas para todo el año.

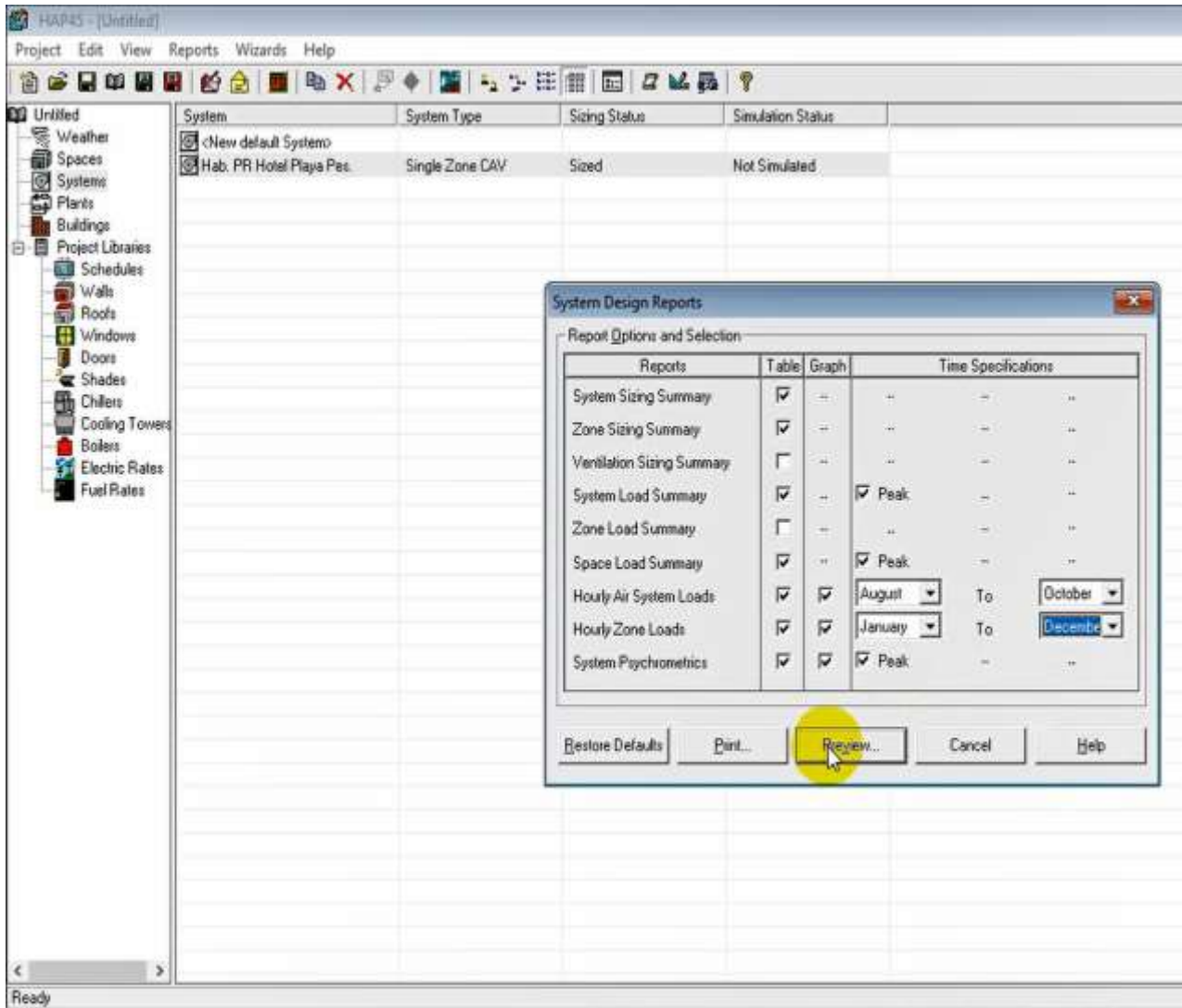


Figura 2.18 Informe de diseño del Sistema

En el siguiente gráfico, se muestra las cargas del diseño de sistema de aire por hora para las Habitaciones del Servicio Real del Hotel Playa Pesquero en el mes de agosto. Este es uno de los meses con mayor carga, así como junio y julio. Se puede observar que en el horario de 11am a 3pm se alcanzan los máximos valores. El máximo valor alcanzado es de 4080W lo que es el equivalente a 1,1 toneladas de refrigeración, necesarias para el acondicionamiento del local. Por lo cual se decide proponer un Split que cumpla con la capacidad frigorífica de esta y el confort en la habitación. (Para mayor información del comportamiento de las cargas en los diferentes meses consultar Anexo 1).

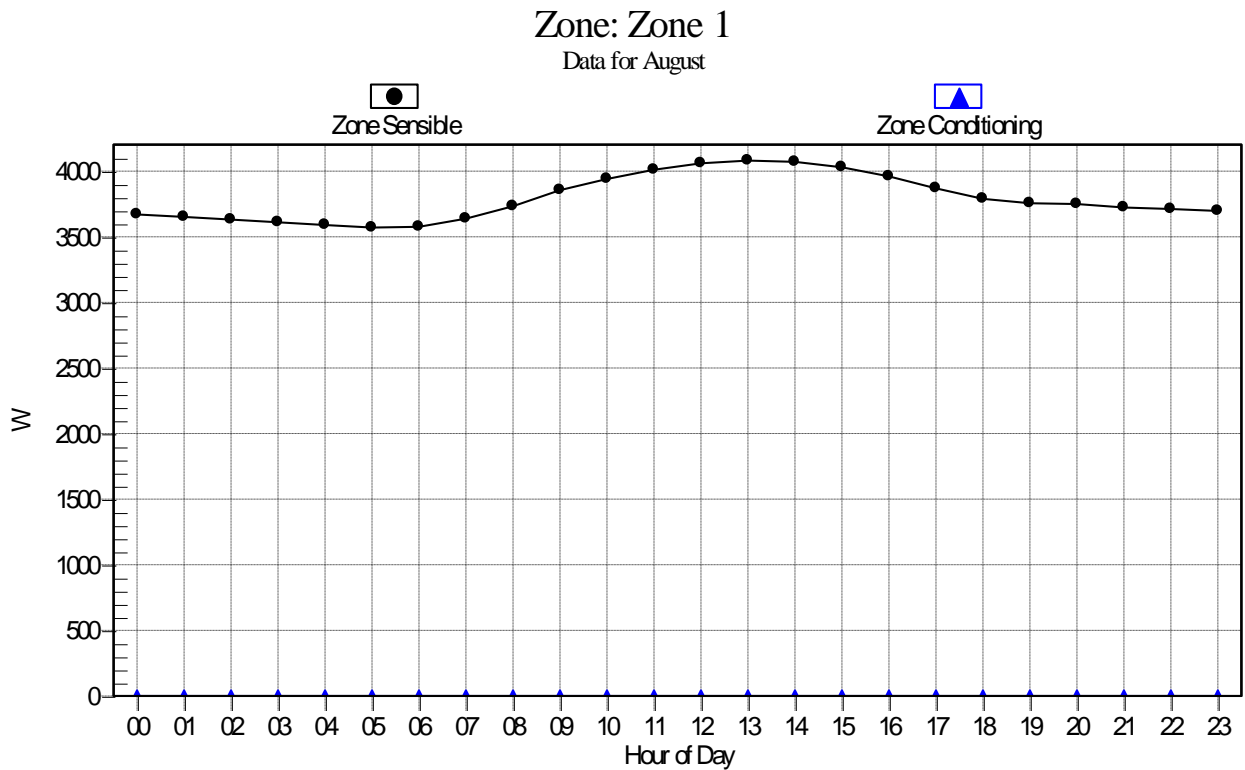


Figura 2.19 Datos de las cargas para el mes de agosto.

2.2 Selección del equipamiento

Para el acondicionamiento de la habitación según los estudios realizados en el software HAP (Carrier) es necesario una capacidad de enfriamiento de 4080W lo que es el equivalente a 1,1 toneladas de refrigeración por cada habitación. Debido a que las Habitaciones del Servicio Real del Hotel Playa Pesquero están construidas tipo *Bungalow* de cuatro habitaciones cada una, se decide la instalación de un Split Múltiple *Quad Zone Inverter* con una capacidad de enfriamiento de 16 000 W.



Figura 2.20 Split Múltiple *Quad Zone Inverter*

Se realiza la selección de este sistema de climatización ya que a pesar de que los Split Inverter tienen un precio más elevados, presentan una mayor eficiencia. A diferencia de los sistemas convencionales, la tecnología inverter adapta la velocidad del compresor a cada momento, permitiendo consumir tan sólo la energía necesaria, lo que es capaz de tener un ahorro energético entre un 25% y 50% logrando incluso hasta un 70 %. Estos producen menos ruido y llegan rápidamente a la temperatura deseada manteniendo una estabilidad en ella. Tienen como inconveniente que es un equipo de climatización más costoso por lo cual también su reparación es más costosa ya que sus componentes son más complejos. Pero por su eficiencia de trabajo y ahorro energético se considera una buena opción para el reacondicionamiento del sistema de climatización de las habitaciones del Servicio Real del Hotel Playa Pesquero.

2.3 Valoración económica.

Toneladas de refrigeración	Consumo energético kW/h
2	7
1,1	5,25

Ahorro energético obtenido para una habitación según la diferencia de consumo energético.

Diferencia de consumo energético	1,75 kW/h
Consumo energético diario	42 kW
Consumo energético anual	15 330 kW
Consumo energético según la vida útil (5Años)	76 650 kW
Ahorro en litros de combustible en 5 años	19 162 Lt
Ahorro en Barriles de combustible en 5 años	92 barriles
Ahorro en CUC en 5 años	3956 cuc

CONCLUSIONES

1. Se realizó un estudio del comportamiento de las cargas del diseño de sistema de aire en las habitaciones del Servicio Real del Hotel Playa Pesquero empleando el Software HAP (Carrier). Donde se obtuvo que el máximo valor de estas cargas es de 4100 W, con lo cual se demuestra que el equipamiento instalado actualmente está sobre dimensionado.
2. Se realizó una selección del equipamiento teniendo en cuenta los resultados obtenidos mediante en el Software HAP (Carrier). Lo cual permitirá establecer un sistema de climatización eficiente y económico en las habitaciones del Servicio Real del Hotel Playa Pesquero.
3. Se realizó una valoración económica, teniendo en cuenta el ahorro económico representa el posible reacondicionamiento de las habitaciones del Servicio Real del Hotel Playa Pesquero, evidenciando la factibilidad de la inversión.

RECOMENDACIONES

Se recomienda instalar el sistema de climatización propuesto en el presente trabajo para el reacondicionamiento de las habitaciones del Servicio Real del Hotel Playa Pesquero.

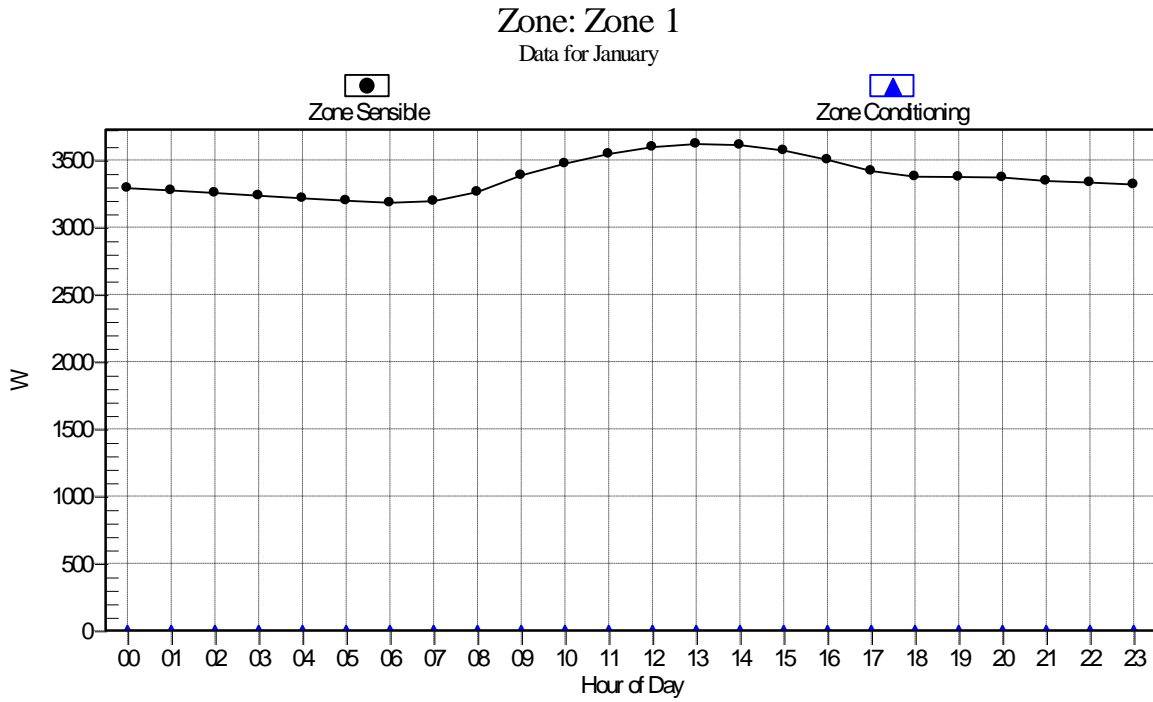
BIBLIOGRAFÍA

1. ASHRAE. (1997). Fundamentos.
2. ASHRAE, M. (1993, 1997).
3. Brito, J., Toledo, P., & Alayón, S. (2018). *Virtual laboratory for automation combining inventor 3D models and Simulink control models: Virtual laboratory for automation*. Paper presented at the 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON).
4. Camareno-Núñez, M. J. (2016). Cálculo de carga térmica para el suministro de aire acondicionado del laboratorio clínico y planes de mantenimiento preventivo para equipo de aire acondicionado clínico, Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez.
5. Carrier. (2009). Manual de Aire Acondicionado.
6. Equipment., A. H. H. S. (2004). Refrigerating and Air-Conditioning Engineer. *American Society of Heating*.
7. <http://tecnologiasindustrialeselsalvador.blogspot.com/2016/04/ventajas-y-desventajas-de-los-chillers.html>.
8. <http://www.aireacondicionadonet.com/aire-acondicionado-de-ventana>.
9. <http://www.motorex.com.pe/blog/necesitas-saber-chillers-enfriamiento/>.
10. <https://inverter.mx/caracteristicas-esenciales-de-los-equipos-de-aire-acondicionado-split/>.
11. <https://nergiza.com/que-es-un-roof-top-de-aire-acondicionado/>.
12. <https://www.3dcadportal.com/autocad.html>.
13. <https://www.3dcadportal.com/autodesk-inventor-un-sistema-de-diseno-mecanico-inteligente-con-modelado-3d.html>.
14. <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-acondicionado-comercial/nuevo-software-airzone-proyectistas-orientado-calculo-conductos-aire-acondicionado.html>.
15. <https://www.cosmos.com.mx/wiki/aire-acondicionado-tipo-ventana-csr8.html>.
16. <https://www.imventa.com/clwin>.

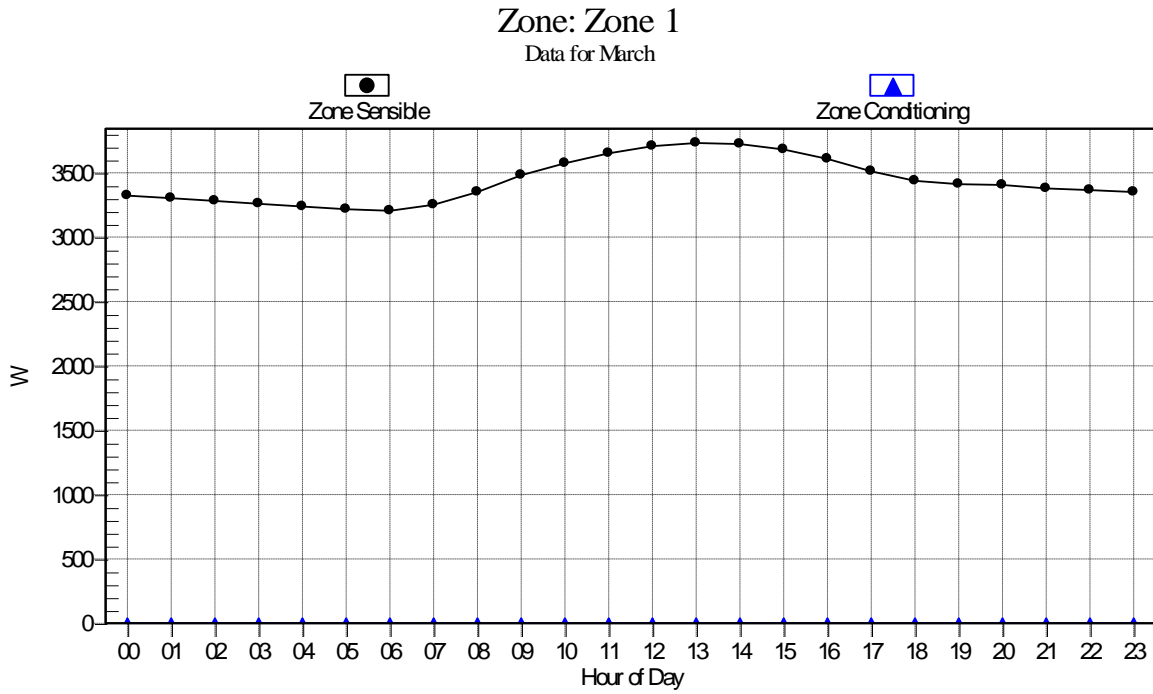
17. Marschallinger, R., Jandrisevits, C., & Zobl, F. (2015). A visual LISP program for voxelizing AutoCAD solid models. *Computers & Geosciences*, 74, 110-120.
18. Pacheco, J., de Jesus Rubio, J., Hernandez, J. A., Medina, A., Lopez, A., & Zacarias, A. (2018). Modeling of a HVAC system for clean rooms. *IEEE Latin America Transactions*, 16(3), 829-838.
19. Systèmes, S. C. D. (2016). DISEÑO INNOVADOR PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS.
20. Valencia Huanca, M. K. (2018). Cálculo de carga térmica para una oficina localizada en la ciudad de San Juan de Lurigancho-Lima.
21. Vasconcelos. (2007).
22. Wang, S. K. (2000). HANDBOOK OF AIR CONDITIONING AND REFRIGERATION. *McGraw-Hill*.
23. Hernandez III, A. C., & Fumo, N. (2019). A review of variable refrigerant flow HVAC system components for residential application. *International Journal of Refrigeration*, 110, 47-57
24. American Society of Heating, Refrigerating and air-conditioning engineers (ASHRAE). Standard 52.2: "Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency By Particle Size.", (2017) Atlanta, GA.
25. B. Stephens, A. Novoselac, J.A. Siegel, The effects of filtration on pressure drop and energy consumption in residential HVAC systems, *HVAC&R Res.* 16 (2010)
26. B. Stephens, A. Novoselac, J.A. Siegel, The effects of filtration on pressure drop and energy consumption in residential HVAC systems, *HVAC&R Res.* 16 (2010)

ANEXOS

Anexo 1: Cargas del diseño de sistema de aire



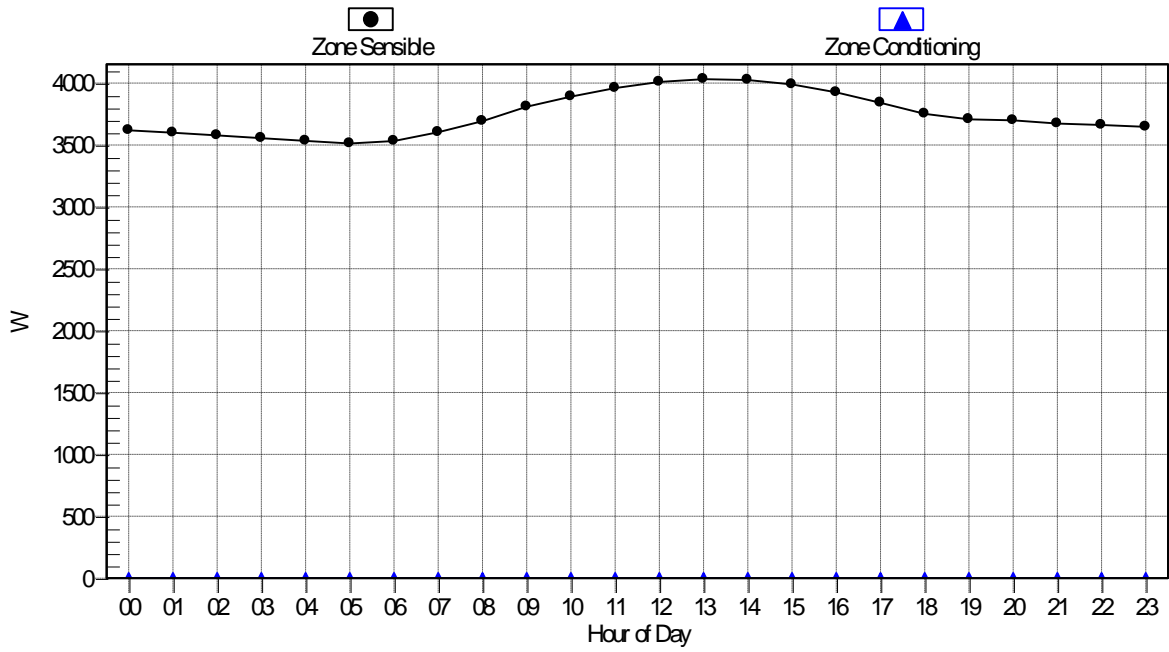
Datos para enero



Datos para marzo

Zone: Zone 1

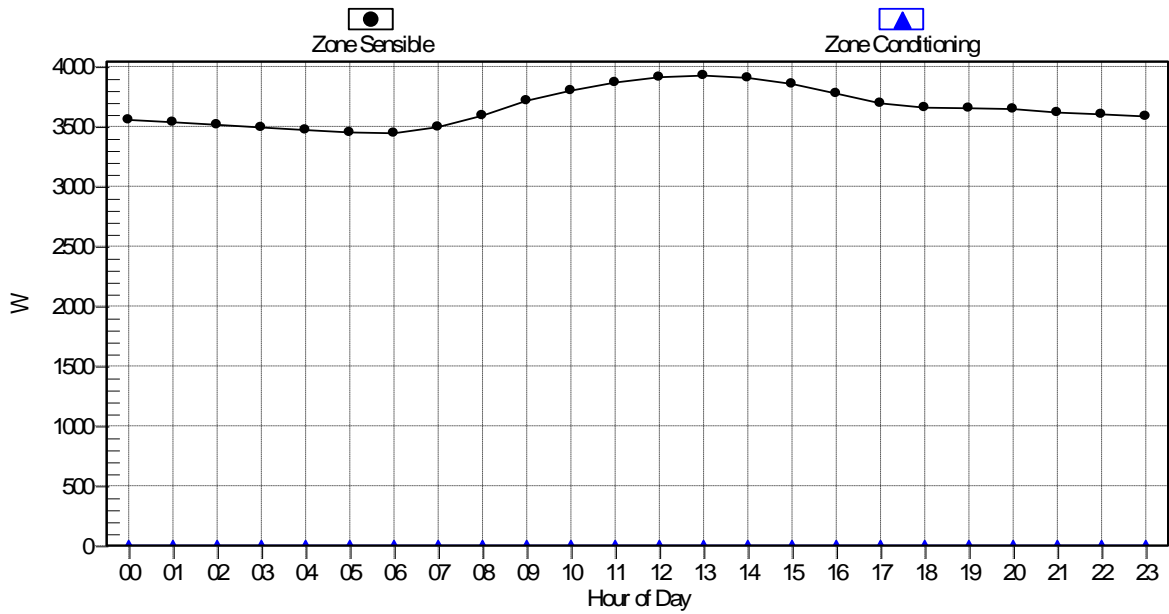
Data for June



Datos para junio

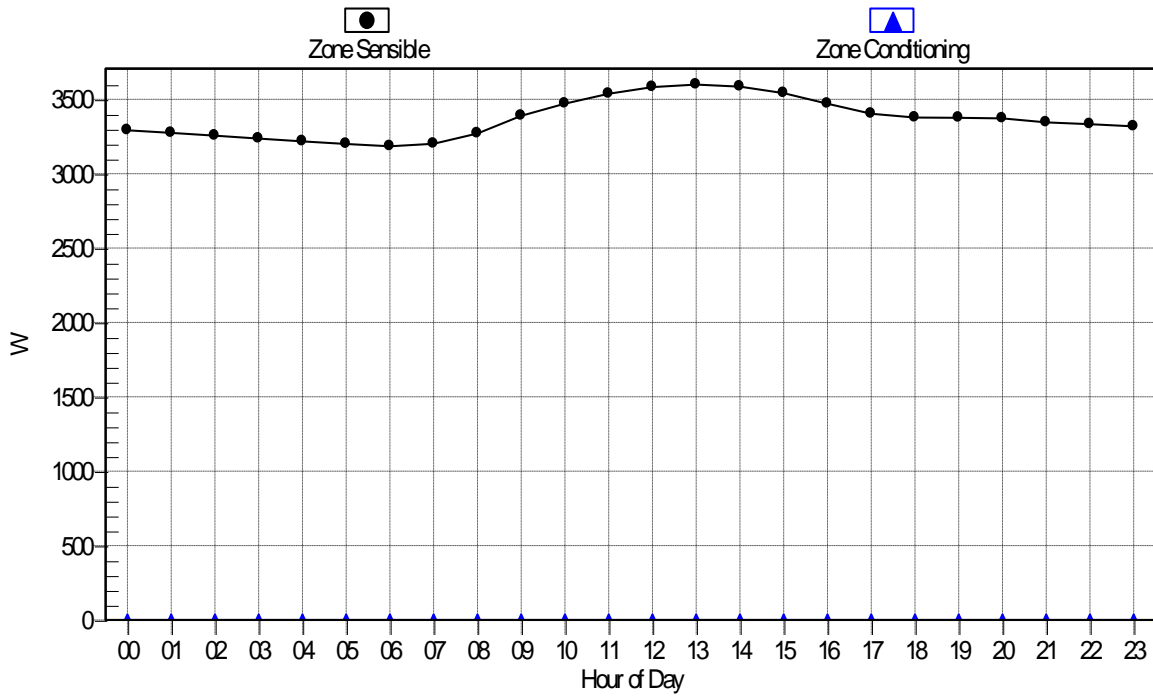
Zone: Zone 1

Data for October



Datos para octubre

Zone: Zone 1
Data for December



Datos para diciembre