

EVALUACIÓN ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN EN UN HOSPITAL PÚBLICO DE CIUDAD VALLES, S.L.P.

Recibido: 12/09 /2019
Aceptado: 26/09/2019

C. Ramírez Aguilar¹
D. C. Acosta Pintor²
B. I. Lara Izaguirre³
U. Santos Ortega⁴

RESUMEN

La climatización es uno de los factores que garantiza la calidad del servicio de salud en los hospitales. En atención a lo establecido en la política energética en México, la Secretaría de Energía (SENER) en el año 2015 identificó acciones que permiten mejorar la eficiencia energética por climatización en las instituciones de salud. Por lo anterior, se realiza una Evaluación energética del sistema de climatización en la Clínica Hospital "B" del ISSSTE en Ciudad Valles, S.L.P., a través de los parámetros de velocidad del aire, temperatura en bulbo seco, humedad relativa (HR) y potencia eléctrica, para calcular el REE (Relación de eficiencia Energética) con base a las normas NOM-011-ENER-2006 para acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido y NOM-023-ENER-2018, para acondicionadores de aire tipo dividido, descarga libre y sin conductos de aire. Se determina que los consumos promedio de energía eléctrica por área son: El servicio médico primario 56563.02 kWh, El servicio de apoyo médico 15490.13 kWh, Servicios médicos generales 5399.05 kWh, Administración 24603.22 kWh y Comunicación 718.13 kWh, consumiendo en total 102,773.55 kWh en el mes. Con las mediciones realizadas a los equipos en cada área y la norma correspondiente, se obtiene que solo el equipo acondicionador de aire de traumatología del servicio médico primario cumple con la norma, esto equivale al 2.6% del total de áreas climatizadas en el hospital, por tal razón se propone un plan de mantenimiento preventivo y un cambio de tecnología.

PALABRAS CLAVE

Climatización, Velocidad del Aire, Temperatura, Humedad Relativa, Potencia, Eficiencia Energética y Mantenimiento.

ABSTRACT

The air conditioning is one of the factors that guarantees the quality of the health service in hospitals. In response to the provisions of the energy policy in Mexico, the Ministry of Energy (SENER) in 2015 identified actions that allow improving energy efficiency by air conditioning in health institutions. Therefore, an energy evaluation of the air conditioning system is carried out in the Hospital Clinic "B" of the ISSSTE in Ciudad Valles, SLP, through the parameters of air speed, dry bulb temperature, relative humidity (RH) and power electrical, to calculate the REE (Energy Efficiency Ratio) based on NOM-011-ENER-2006 standards for central, package or split air conditioners and NOM-023-ENER-2018, for split type air conditioners, Free discharge without air ducts. It is determined that the average electricity consumption per area is: The primary medical service 56563.02 kWh, The medical support service 15490.13 kWh, General medical services 5399.05 kWh, Administration 24603.22 kWh and Communication 718.13 kWh, consuming a total of 102,773.55 kWh in the month . With the measurements made to the equipment in each area and the corresponding norm, it is obtained that only the traumatology air conditioning equipment of the primary medical service complies with the standard, this is equivalent to 2.6% of the total air-conditioned areas in the hospital, by This reason proposes a preventive maintenance plan and a change in technology.

1 Profesor Medio Tiempo Ciencias Básicas. Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. celso.ramirez@tecvalles.mx

2 Profesora NAB de Tiempo Completo Maestría en Ingeniería. Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. dulce.acosta@tecvalles.mx

3 Estudiante tesista Maestría en Ingeniería. Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. brenda.lara@tecvalles.mx

4 Estudiante tesista de Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. Urielsantos151094@gmail.com

KEY WORDS: Air Conditioning, Air Speed, Temperature, Relative Humidity, Power, Energy Efficiency and Maintenance.

INTRODUCCIÓN

El uso racional y eficiente de los recursos en la actualidad es primordial debido a la disminución de los mismos y a los impactos ambientales que se generan. En México, la energía eléctrica es esencial para las actividades productivas, cuando se presenta una escasez de este recurso, puede limitar el desarrollo económico. El Programa Sectorial de Energía 2013-2018 indica que, durante el año 2013, el 85% de la electricidad que fue destinada al sector público se produjo a partir de combustibles fósiles (PROSENER, 2013). De acuerdo a la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONNUE, 2016), el consumo total de energía eléctrica del universo de inmuebles registrados en la Administración Pública Federal es de 1,000 millones de kWh al año. De este total, las oficinas representan el 56% del consumo de energía eléctrica (64.19 kWh/m²), los hospitales 13% (70.99 kWh/m²), las clínicas y unidades de medicina familiar el 4% (41.79 kWh/m²).

La Ley de Transición Energética, 2015 en el capítulo II, artículo 100; establece que las dependencias de la Administración Pública Federal deberán proporcionar información sobre las medidas implementadas de eficiencia energética y sus resultados. La CONUUE identificó un potencial de ahorro de energía del 16% por medidas operativas en dependencias de la Administración Pública Federal. De ese potencial la mayor parte se ubicó en el aire acondicionado (32% del consumo de este uso final), mientras que el resto se ubicó, en una menor medida, en otras acciones relacionadas con la iluminación exterior, envolvente de edificios, motores eléctricos y otros.

En este sentido, de acuerdo con el Estudio de Eficiencia Energética en Hospitales realizado por la Secretaría de Energía (SENER) en el año 2015, se identificaron acciones que podrían mejorar la eficiencia energética en las instituciones de salud de México, mediante la propuesta de acciones que favorezcan los ahorros energéticos en el sector salud, la reducción de emisiones contaminantes al medio ambiente y la promoción de usos más eficientes de los recursos energéticos, entre las que destaca el potencial de ahorro por tecnología asociado al uso de aires acondicionados.

La presente investigación surgió como parte de la necesidad de un Hospital Público, para identificar medidas de potencial de ahorro energético y de esta manera contribuir a la política energética de las dependencias de la Administración Pública Federal con la finalidad de minimizar los impactos ambientales generados por el uso de energía eléctrica en los servicios prestados. De esta manera la evaluación de la eficiencia energética del Sistema de Climatización, conformado por equipos de aire acondicionado y/o climas permitió determinar la eficiencia energética a fin de proponer las mejoras correspondientes.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó en un Hospital Público de Ciudad Valles, S.L.P., con el apoyo del área de mantenimiento. Por la magnitud del proyecto, se clasificó para ello en cinco tipos de servicio:

1. Servicio Médico Primario con las áreas: Quirófano, Choque y Expulsión, Hospital G O, Hemodiálisis, Ginecología, Traumatología, Medicina Interna, Cardiología, Hemodiálisis, Hemodiálisis Bomba de osmos, Odontología.
2. Servicio Médico de Apoyo: Urgencias, Laboratorio, Rayos X, Toma de Placa rayos X, Mastógrafo, Sicora, Laboratorio 1, Laboratorio 2, Laboratorio 3, Farmacia.
3. Servicios Médicos Generales: Consultorio 1, Consultorio 2, Consultorio 3, Consultorio 4, Psicología, Sala de espera y Sala de espera de especialidades.
4. Administración del Servicio Médico: Dirección, Recursos Materiales y Jefatura de enfermería, Subdirección, Estadística, Oficina de Conservación, Trabajo Social, Área de choferes, Vigencia, Archivo de Consultas, Archivo de Especialidades.
5. Comunicación: Conmutador.

El municipio de Ciudad Valles se localiza en la zona este del estado San Luis Potosí y debido a su posición en el mapa de México, dicho municipio colinda al norte con el estado de Tamaulipas, al este con el municipio de Tamuín, al sur con Aquismón y Tanlajás, al oeste con Tamasopo y finalmente al noroeste con el municipio de El Naranjo. La extensión territorial que tiene el municipio de Ciudad Valles es de 2,396.50 kilómetros cuadrados y en cuanto a su altitud, ésta es de 70 metros sobre el nivel del mar. Por otro lado, el mapa general de México señala que el municipio de Ciudad Valles se localiza entre las coordenadas geográficas 21° 59' latitud norte y entre 99° 01' longitud oeste (Municipios.mx, 2019).

En Ciudad Valles cada año se presenta la temporada calurosa con una duración de 2.6 meses, en un periodo que inicia el 1 de abril hasta el 19 de junio con una temperatura promedio diaria de 34°C. Y el día más caluroso lo considera el 10 de mayo, con una temperatura máxima de 36 °C y una mínima de 23 °C. (Weather Spark, 2019).

El objetivo general del estudio fue realizar una evaluación energética del sistema de climatización y/o aires acondicionados en un Hospital Público en Ciudad Valles, S.L.P. para proponer medidas de ahorro energético y mejoras ambientales.

El estudio se realizó en una Clínica Hospital nivel dos de Ciudad Valles S.L.P., a través de cuatro etapas:

Etapa 1. Levantamiento de inventario del Sistema de Climatización de la Clínica Hospital.

Se realizó un formato de malla para el levantamiento de equipos instalados de climas y/o aires acondicionados que conforman el Sistema de Climatización de la Clínica, con la finalidad de elaborar un inventario donde se especificó el tipo y el tonelaje de refrigeración dato estipulado por el fabricante. Una vez elaborado este formato, se procedió a visitar todas las áreas de la Clínica Hospital para identificar y recabar la información, así como la cantidad de equipos en funcionamiento y en avería. En un plano elaborado de las instalaciones de la Clínica Hospital, fue usado por el personal del área de conservación para localizar e identificar cada equipo instalado. Los resultados del número de equipos detectados en el Sistema de Climatización de la Clínica Hospital se muestran en la Tabla 1.

Etapa 2. Medición de los parámetros: velocidad del aire, temperatura de bulbo seco, humedad relativa, voltaje y corriente eléctrica.

Para la medición de los parámetros se utilizó un anemómetro para medir la velocidad del viento, un termo-higrómetro para medir la temperatura seca y la humedad relativa y un voltí-amperímetro de gancho para medir la corriente y el voltaje. Las mediciones de velocidad del viento, temperatura y humedad relativa se realizaron a una distancia de 15 cm de la salida y retorno del aire en cada equipo. La potencia eléctrica se determinó con el voltaje y la corriente medidos cuando el compresor de cada equipo se encontraba funcionando. Posteriormente se calcularon los parámetros requeridos en la aplicación del método aire entalpía, que determinan las capacidades de enfriamiento interior total con base en algunos de los datos referenciados en la prueba interior de las Normas Oficiales Mexicanas ENER, NOM-011-ENER-2006 Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido. Límites, métodos de prueba y etiquetado y la NOM-023-ENER-2018, Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido descarga libre y sin conductos de aire. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

Etapa 3. Cálculo del consumo de energía por área de servicio de la Clínica Hospital

Se realizó el cálculo del consumo de energía eléctrica total en cada una de las cinco áreas de servicio definidas en el Hospital Público, se determinó mediante la suma de las potencias calculadas de cada equipo y las horas de operación estimadas en kWh en el mes de mayo 2019 considerando un factor de potencia de 0.9. Los resultados se presentan en las Tablas 2, 3, 4, 5 y 6. Se estimó que el consumo de energía por sistema de climatización fue de 102.8 MWh. Los consumos de energía eléctrica facturados en el periodo marzo 2018 a marzo del 2019 fueron de 1021.84 MWh.

Etapa 4. Evaluación de la eficiencia del Sistema de Climatización de la Clínica Hospital

Para la evaluación energética del Sistema de Climatización, se realizaron los cálculos con base a las lecturas recabadas de la medición de parámetros de acuerdo a lo dispuesto en las Normas NOM-011-ENER-2006 y NOM-023-ENER-2018, así como la Norma de Diseño de Ingeniería en Acondicionamiento de Aire del Hospital, debido a que es un caso aplicado al rubro de salud. De acuerdo a lo establecido por Barrera (2009), fue necesario calcular los siguientes parámetros:

Cálculo del flujo térmico

Se calculó el flujo térmico total o potencia térmica total que es igual a la suma de los calores sensible y latente. Para ello fue necesario determinar el calor específico del aire húmedo, C_{pah} que es igual a:

$$C_{pah} = C_{pa} + w \cdot C_{pv} \quad (1)$$

De acuerdo a la ecuación 1, el C_{pah} depende del calor específico del aire seco $c_{pa} = 1.005$ kJ/kgK y del calor específico de vapor de agua $c_{pva} = 1.86$ kJ/kgK, así como también de la humedad específica. En la mayoría de los procesos de climatización, la humedad específica suele variar entre 0.003 y 0.013 kg/kg. Tomando como valor medio de $w = 0.008$ kg/kg. Por lo tanto, el cálculo del calor específico del aire húmedo determinado fue de:

$$C_{pah} = 1.005 + 0,008 \cdot 1,86 \approx 1,02 \frac{kJ}{kgk}$$

Cuando se requiere calcular la entalpía h , se puede considerar al Calor Específico del aire húmedo con un valor igual a la unidad, despreciándose el valor de 0.02 cometiendo un error del orden del 2%. Finalmente, teniendo en cuenta esta última aproximación y el valor del calor latente de vaporización del agua $L_{vo} = 2501 \text{ kJ/kg}$ a 0°C , la entalpía del aire húmedo puede expresarse de manera simplificada como se muestra en la ecuación 2:

$$h = C_{pah} \cdot t + L_{vo} \cdot w \approx t + 2501 \cdot w \quad (2)$$

Como la variación de la entalpía del aire tiene lugar en un proceso que pasa del estado 1 (temperatura t_1 y humedad específica w_1) al estado 2 (temperatura t_2 y humedad específica w_2), entonces puede expresarse como se muestra en la ecuación 3:

$$h_2 - h_1 = C_{pah} \cdot (t_2 - t_1) + L_{vo}(w_2 - w_1) \quad (3)$$

Cuando se desplaza un volumen de aire V_a a través de un área transversal A , con una densidad ρ_a del aire se genera un flujo másico, la ecuación que expresa este flujo se muestra a continuación:

$$\dot{m}_a = V_a A \cdot \rho_a \quad (4)$$

Para determinar el calor sensible, se multiplica el flujo másico por cada término de la sumatoria, expresándose de la siguiente manera:

$$\dot{q}_s = \dot{m}_a \cdot C_{pah} \cdot (t_2 - t_1) \quad (5)$$

Mientras que la ecuación del calor latente se representaría como:

$$\dot{q}_l = \dot{m}_a \cdot L_{vo}(w_2 - w_1) \quad (6)$$

Y el flujo térmico(kJ/s) o potencia térmica (kW) total \dot{q}_t se calculó con la variación de la entalpía y el flujo másico \dot{m}_a de la siguiente manera:

$$\dot{q}_t = \dot{m}_a \cdot C_{pah} \cdot (t_2 - t_1) + \dot{m}_a \cdot L_{vo} \cdot (w_2 - w_1) \quad (7)$$

(Barreras, 2009)

Como se indicó en el cálculo en mención, se requirió de la determinación del flujo másico del aire de salida de los equipos de climatización y/o aire acondicionado, que depende de la velocidad del aire impulsado en la salida del evaporador, el calor latente de vaporización del agua $L_{vo} = 2501 \text{ kJ/kg}$, el calor específico del aire húmedo $C_{pa} = 1,02 \frac{kJ}{kgk}$, así como también de las humedades específicas y temperaturas ambos casos en la salida y el retorno del equipo.

Cálculo de la Potencia eléctrica

La potencia eléctrica se calculó considerando la corriente (I) y el voltaje (V) medido de cada equipo, así como también el número fases y el factor de potencia (FP).

Si es monofásico el equipo acondicionador de aire, la potencia se calcula de acuerdo a la ecuación 8:

$$P = V * I * FP \quad (8)$$

y si es trifásico como se muestra en la ecuación 9:

$$P = \sqrt{3} * V * I * FP \quad (9)$$

Cálculo de la Relación de Eficiencia Energética REE

La Relación de Eficiencia Energética (REE) es directamente proporcional a la potencia térmica e inversamente proporcional a la potencia eléctrica consumida por el equipo y es calculada de acuerdo a la ecuación 10:

$$REE = \frac{q_t}{P} \quad (10)$$

Cálculo de la eficiencia del equipo acondicionador de aire

Se determinó la eficiencia (EF) de cada equipo instalado obteniendo el valor porcentual del REE obtenido con respecto al valor establecido en las Normas Oficiales Mexicanas NOM-011-ENER-2006 y NOM-023-ENER-2018 como se aprecia en la ecuación 11:

$$EF = \frac{REE}{REE_{norma}} * 100 \quad (11)$$

RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestra la malla con la cantidad de equipos instalados, definidos por el tipo y las toneladas de refrigeración, así como las toneladas totales que se encuentran en el Hospital.

Tabla 1. Malla de equipos acondicionadores de aire por tipo y tonelaje instalados en el Hospital Público. Fuente propia

CANTIDAD	TIPO	TONELADAS	TONELADAS TOTALES
3	Central	20	60
1	Central	40	40
2	Paquete	10	20
1	Piso techo	10	10
16	Mini Split	1	16
8	Mini Split	1.5	12
5	Mini Split	2	10
2	Mini Split	3	6

La medición de los parámetros (velocidad del aire m/s, temperatura salida °C, temperatura de retorno °C, humedad relativa salida, humedad relativa en retorno, voltaje v, corriente eléctrica A, tiempo de uso en horas) obtenidos por área fueron:

Quirófano, Choque y Expulsión (4.19, 10.3, 18.95, 71.05, 60.5, 216, 35.8, 24); Hospital (4.19, 19.5, 22.3, 65.22, 68.62, 216, 80.2, 24); GO (4.19, 21.17, 24.3, 64.3, 68.5, 226.1, 43.4, 24); Hemodiálisis (4.19, 18.8, 26.4, 40.9, 46, 225, 45.1, 24); Ginecología (2.36, 17.6, 20.2, 60.4, 65.3, 214.4, 5.4, 24); Traumatología (3.99, 16.1, 22.2, 71.4, 77.4, 218, 5.1, 24); Medicina Interna (4.3, 17.6, 21.6, 77.6, 81.3, 222.5, 4.9, 24); Cardiología (4.65, 16.6, 23, 77.8, 78.4, 221.5, 10.7, 12, 24); Hemodiálisis (2, 23, 24.5, 44.6, 50.2, 207.1, 10.2, 24); Hemodiálisis Bomba osmos (2.45, 15.4, 20.4, 59.6, 79.1, 216.7, 9.6, 24); Odontología (2, 14.2, 20.5, 72.2, 68.9, 219.1, 5.3, 12); Urgencias, Laboratorio, rayos X (4.19, 18.1, 22.1, 65.6, 62.6, 216, 42.4, 24); Toma de placa rayos X (2.54, 12.9, 16.5, 80.1, 76.1, 226, 6, 24); Mastógrafo (2.18, 11.4, 14.3, 63, 71, 218.7, 5.2, 24); Sicora (1.72, 17.1, 21.4, 68.3, 78.8, 225.5, 4.4, 24); Laboratorio (1.15, 19, 21.3, 66.2, 68.1, 223.5, 6, 16); Laboratorio (1.2, 14.2, 21.8, 50.4, 67.5, 223.8, 10.1, 16); Laboratorio (0.8, 23, 23.7, 62.6, 65.4, 223.8, 4.5, 16); farmacia (3.42, 22.9, 23.9, 74, 75.3, 228.3, 13, 12); Consultorio (1.43, 16.3, 18.2, 55.2, 75.5, 215.4, 5.4, 16); Consultorio 2 (3.59, 14.6, 18.2, 63.1, 59.8, 221, 10.6, 16); Consultorio 3 (3.42, 16.1, 22.4, 61.5, 60.4, 219, 4.9, 16); Consultorio 4 (3.42, 17.6, 18.3, 55.9, 70.3, 215.3, 5.3, 16); Psicología (2, 21.4, 26, 60.4, 58.6, 220.6, 4.8, 12); Sala de espera (3.42, 15.8, 21.9, 73.3, 60.2, 223, 10.7, 16); Sala especialidades (3.42, 17.6, 21.7, 45.2, 56.6, 220, 10.3, 12); Sala especialidades 2 (2.89, 16.8, 23.4, 73.3, 60.2, 222, 11.4, 12); Dirección, Rec. Mat., Jef. Enf. (4.19, 12.2, 22, 59.2, 63.9, 210, 38.6, 24); Subdirección (4.19, 14.7, 22.1, 70.9, 69.5, 215, 38.2, 24); Estadística (5, 18, 19.2, 57.3, 52, 214, 12.3, 12); Of. Conservación (1.5, 14.7, 20.7, 64.5, 70.3, 219.6, 5.1, 12); Trabajo Social (4.3, 18, 21.8, 62.2, 72.2, 217.6, 5.3, 12); área choferes (3.42, 23.9, 25.2, 48.4, 69.7, 220, 8.8, 12); Almacén (2.71, 18.5, 20.6, 74.2, 77, 226, 26.9, 12); vigencia (2.36, 14.7, 20, 59.9, 72.4, 221.7, 8.9, 12); Archivo consultas (3.24, 13.6, 19, 48.4, 52.2, 214.4, 10.4, 12); Archivo especialidades (1, 15.2, 19.8, 68.7, 70.2, 221.5, 10.3, 12) y Conmutador (3.5, 25.4, 28.3, 57.3, 46.3, 217.3, 5.1, 12)

En las Tablas 2, 3, 4, 5 y 6 se muestran los resultados obtenidos del flujo másico (\dot{m}_a), la temperatura (t_1) de salida del equipo, la temperatura (t_2) de retorno, la humedad específica en la salida del equipo (W_1), la humedad específica de retorno al equipo (W_2), el flujo térmico ($\dot{q}t$), la potencia del equipo (P), el REE calculado, el REE de la norma, la Eficiencia (EF) y la Potencia Eléctrica consumida (PC) de cada equipo instalado en la clínica hospital del ISSSTE de Ciudad Valles.

Tabla 2. Determinación de la relación de eficiencia energética REE, la eficiencia EF de cada equipo y la potencia consumida PC en el Servicio Primario. Fuente propia.

ÁREA	\dot{m}_a	t_1	t_2	W_1	W_2	$\dot{q}t$	P	REE $\dot{q}t/P$	REE norma	EF	PC
	Kg/s	°C	°C	Kg/Kg	Kg/Kg	kW	kW	kW/kW		%	kWh
Quirófano, Expulsión, Choque	2.34	10.3	18.95	0.0061	0.0082	32.93	12.05	2.73	3.86	71	8679.05
Hospital	2.41	19.5	22.3	0.009	0.012	24.95	27.00	0.92	3.86	24	19443.02
Ginecobstericia	2.39	21.7	24.3	0.011	0.013	18.33	15.30	1.20	3.86	31	11013.51
Hemodiálisis	0.73	18.8	26.4	0.007	0.01	11.08	15.82	0.70	3.86	18	11389.24
Ginecología	0.11	17.6	20.2	0.008	0.01	0.82	1.04	0.79	3.28	24	750.23
Trumatología	0.18	16.1	22.2	0.008	0.013	3.44	1.00	3.44	3.28	105	720.45

Medicina interna	0.16	17.6	21.6	0.01	0.011	1.08	0.98	1.10	3.28	34	706.48
Cardiología	0.23	16.6	23	0.0092	0.014	4.18	2.13	1.96	3.28	60	767.90
Hemodiálisis	0.09	23	24.5	0.0084	0.011	0.73	1.90	0.38	3.28	12	1368.85
Hemodiálisis (bomba de osmosis)	0.15	15.4	20.4	0.0065	0.012	2.84	1.87	1.52	3.28	46	1348.05
Odontología (dental)	0.08	14.2	20.5	0.0075	0.0115	1.24	1.05	1.19	3.28	36	376.24
TOTAL										56563.02	

Tabla 3. Determinación de la relación de eficiencia energética REE, la eficiencia EF de cada equipo y la potencia consumida PC en el Servicio de Apoyo Médico. Fuente propia

ÁREA	$m\dot{a}$	t_1	t_2	W_1	W_2	$\dot{q}t$	P	REE	REE	EF	PC
	Kg/s	°C	°C	Kg/Kg	Kg/Kg	kW	kW	$\dot{q}t/P$	norma	%	kWh
Urgencias, Laboratorio, Rayos X	2.41	18.1	22.1	0.009	0.01	15.89	14.28	1.11	3.86	29	10279.10
Toma de placa Rayos X	0.10	12.9	16.5	0.0065	0.007	0.49	1.22	0.40	3.28	12	878.69
Mastografo	0.08	11.4	14.3	0.0072	0.012	1.19	1.02	1.17	3.28	36	736.93
Sicora	0.07	17.1	21.4	0.0088	0.013	1.10	0.89	1.23	3.28	37	642.95
Laboratorio	0.06	19	21.3	0.0072	0.011	0.69	1.21	0.57	3.28	17	579.31
Laboratorio	0.06	14.2	21.8	0.0092	0.0112	0.77	2.03	0.38	3.28	12	976.48
Laboratorio	0.04	23	23.7	0.0105	0.012	0.16	0.91	0.18	3.28	5	435.07
Farmacia	0.66	22.9	23.9	0.0135	0.015	3.14	2.67	1.17	3.28	36	961.60
TOTAL										15490.13	

Tabla 4. Determinación de la relación de eficiencia energética REE, la eficiencia EF de cada equipo y la potencia consumida PC en los Servicios Médicos Generales. Fuente propia

ÁREA	$m\dot{a}$	t_1	t_2	W_1	W_2	$\dot{q}t$	P	REE	REE	EF	PC
	Kg/s	°C	°C	Kg/Kg	Kg/Kg	kW	kW	$\dot{q}t/P$	norma	%	kWh
Consultorio 1	0.05	16.3	18.2	0.0067	0.011	0.69	1.05	0.66	3.28	20	502.49
Consultorio 2	0.18	14.6	18.2	0.0063	0.009	1.83	2.11	0.87	3.28	26	1012.00
Consultorio 3	0.12	16.1	22.4	0.007	0.011	1.98	0.97	2.05	3.28	63	463.58
Consultorio 4	0.13	17.6	18.3	0.007	0.0105	1.23	1.03	1.20	3.28	37	492.95
Psicología	0.09	21.4	26	0.01	0.013	1.10	0.95	1.15	3.28	35	343.08
Sala de espera	0.17	15.8	21.9	0.008	0.0105	2.10	2.15	0.98	3.28	30	1030.80
Sala de espera especialidades	0.17	17.6	21.7	0.0058	0.009	2.04	2.04	1.00	3.28	30	734.18
Sala de espera especialidades 2	0.14	16.8	23.4	0.008	0.01	1.66	2.28	0.73	3.28	22	819.98
TOTAL										5399.05	

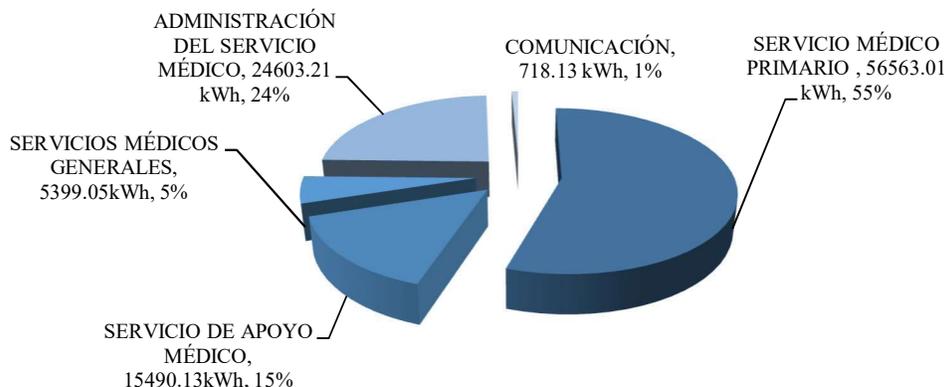
Tabla 5. Determinación de la relación de eficiencia energética REE, la eficiencia EF de cada equipo y la potencia consumida PC en la Administración del Servicio Médico. Fuente propia

ÁREA	ma	t_1	t_2	W_1	W_2	$\dot{q}t$	P	REE $\dot{q}t/P$	REE norma	EF	PC
	Kg/s	°C	°C	Kg/Kg	Kg/Kg	kW	kW	kW/kW		%	kWh
Dirección, Rec. Materiales, Jef. de Enfermería	0.74	12.2	22	0.005	0.011	18.45	12.64	1.46	3.86	38	9097.92
Subdirección	0.74	14.7	22.1	0.007	0.01	11.17	12.80	0.87	3.86	23	9218.02
Estadística	0.24	18	19.2	0.0079	0.01	1.58	2.37	0.67	3.28	20	852.83
Oficina Conservación	0.07	14.7	20.7	0.007	0.011	1.11	1.01	1.11	3.28	34	362.87
Trabajo social	0.16	18	21.8	0.0085	0.0118	1.95	1.04	1.88	3.28	57	373.66
Área de choferes	0.16	23.9	25.2	0.008	0.014	2.56	1.74	1.47	3.28	45	627.26
Almacén	0.58	18.5	20.6	0.0105	0.012	3.43	5.47	0.63	3.28	19	1969.73
Vigilancia	0.12	14.7	20	0.006	0.0115	2.24	1.78	1.26	3.28	38	639.29
Archivo de consultas	0.16	13.6	19	0.0045	0.0074	2.07	2.01	1.03	3.28	31	722.44
Archivo de especialidades	0.05	15.2	19.8	0.0079	0.0105	0.55	2.05	0.27	3.28	8	739.19
TOTAL											24603.22

Tabla 6. Determinación de la relación de eficiencia energética REE, la eficiencia EF de cada equipo y la potencia consumida PC en Comunicación. Fuente propia

COMUNICACIÓN											
ÁREA	ma	t_1	t_2	W_1	W_2	$\dot{q}t$	P	REE $\dot{q}t/P$	REE norma	EF	PC
	Kg/s	°C	°C	Kg/Kg	Kg/Kg	kW	kW	kW/kW		%	kWh
Conmutador	0.16	25.4	28.3	0.011	0.0115	0.65	0.997	0.65	3.28	20	718.13
TOTAL											718.13

Los consumos porcentuales de energía eléctrica por climatización en cada área de servicio son representados en la gráfica Distribución del Consumo de Energía Eléctrica en Climatización. La gráfica 1 muestra que el Servicio Médico Primario tiene el consumo de energía eléctrica equivalente al 55% del total de la energía en la climatización y como segundo consumidor se encuentra la Administración del Servicio Médico con el 24%, posteriormente el Servicio de Apoyo Médico con el 15% y los Servicios Médicos Generales con un 5%, por último, el área de comunicación consume el 1% de la energía.

Gráfica 1.- DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN CLIMATIZACIÓN kWh (30 días)

CONCLUSIONES

El equipo de Traumatología que se muestra en la Tabla 2 representa el 2.6 % de todos los equipos instalados en el Hospital Público, y tiene un rendimiento eficiente en el aprovechamiento energético de acuerdo con establecido en las Normas Oficiales Mexicanas; mientras que el 97.4% de los equipos en el sistema de climatización funcionan de manera ineficiente, como se indica en las tablas 2, 3, 4, 5 y 6 mediante el cálculo de la relación de eficiencia energética REE y el cálculo de la eficiencia EF. Los factores que impactan en el bajo rendimiento del consumo energético, son en correspondencia a dos aspectos importantes: el uso de la obsolescencia tecnológica que presentan los equipos que se encuentran en función actualmente, y la falta de un programa de mantenimiento acorde a cada área. De acuerdo al Estudio de Eficiencia Energética en Hospitales de la SENER, se estima que el mantenimiento del sistema de climatización reduce en un 5% el consumo de energía eléctrica; mientras que la aplicación de un cambio de tecnología permitiría alcanzar la reducción hasta de un 40% de energía. Por lo que una propuesta de cambio de tecnología del sistema de climatización permitiría reducir de 1,021.84 MWh a 613.10 MWh al año, que significaría una disminución de emisiones de 594.80 toneladas de CO₂/eq a 356.77 toneladas de CO₂/eq. anuales en el Hospital Público (Registro Nacional de Emisiones, 2018).

BIBLIOGRAFÍA

Barreras, A. L. (2009). *Fundamentos de Climatización*. Barcelona, España: Marcombo.

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (2016). *Contratos de Desempeño Energético en las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal: evolución y perspectiva*. México. Cuadernos de la CONUEE Junio Número 3.

Hernández, E. (2009). *Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración*. México: Limusa.

Ley de Transición Energética, (24 de diciembre de 2015). Recuperado el 21 de junio de 2019 de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf>

NOM-011-ENER-2006. *Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido. Límites, métodos de prueba y etiquetado*. Diario Oficial de la Federación. México. Recuperado el 15 de febrero de 2019 de http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/2464/SENER_2_22062007/SENER_2_22062007.htm

NOM-023-ENER-2018. *Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido, descarga libre y sin conductos de aire. Límites, métodos de prueba y etiquetado*. Diario Oficial de la Federación. México. Recuperado el 10 de febrero de 2019 de http://www.dof.gob.mx/nota_to_doc.php?codnota=5531685

Manual del Hospital (1997). *Normas de Diseño de Ingeniería Electromecánica*. México. División de Proyectos/Coordinación de Construcción, Conservación y Equipamiento

Municipios.mx, *Información sobre Ciudad Valles*. Obtenida el 12 de agosto de 2019 de <https://www.municipios.mx/san-luis-potosi/ciudad-valles/>

Secretaría de Energía (2015). *Estudios en Materia de Eficiencia Energética. Estudio de Eficiencia Energética en Hospitales*. México. Editado por Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF, Banco Mundial).

Secretaría de Energía (2013-2018). *Programa Sectorial de Energía*. PROSENER. México. Recuperado el 25 de febrero de 2019 de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/213/PROSENER.pdf>

SEMARNAT (2018). *Calculadora de emisiones para el Registro Nacional de Emisiones*, Versión 6.0. 4, mayo 2018.

Vargas, E. (2015). *Carta Psicométrica*. Recuperado el 25 marzo 2019 de <http://psicometriaeloyvargaspsm.blogspot.com/>

Weather Spark, *Clima promedio en Cd Valles, México, durante todo el año* – obtenida el 26 de marzo 2019 de <https://es.weatherspark.com/y/6140/Clima-promedio-en-Cd-Valles-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>