REDISEÑO DEL SISTEMA ACONDICIONADOR DE AIRE DE LA SALA DE CIRUGIA DEL HOSPITAL DEL IESS DE LA PARROQUIA SAN JOSE DE ANCON

José Villao Tomalá[1], Ernesto Martínez Lozano[2].

[1]Ingeniero Mecánico 2006
[2]Director de Tesis. Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1983; Maestría en Administración de Empresas, ESPOL, 2006, Profesor Principal ESPOL desde 1983.

RESUMEN

Las condiciones ambientales requeridas por un hospital difieren de las requeridas por otras edificaciones, un punto importante en el sistema de acondicionamiento de aire en un hospital es que pueda contribuir al mantenimiento de un medio ambiente aséptico, ninguna de las áreas del hospital requieren tan cuidadoso control de las condiciones ambientales como las salas de cirugías.

La presente tesis de grado trata sobre el rediseño del sistema acondicionador de aire de la sala de cirugía del hospital del IESS de la parroquia San José de Ancón, el mismo que presenta problemas de contaminación de aire debido al sistema acondicionador de aire actual que no es acorde al que una sala de cirugía debería tener.

Aunque en el hospital mencionado los problemas de contaminación están presentes no han tenido una consecuencia severa hasta la actualidad, según el personal administrativo esto se debe a que las cirugías en dicho hospital no son de un índole catalogada como "cirugía mayor de alto riesgo".

SUMMARY

The environment conditions required in a hospital differ from the required ones by other buildings, an important point is the air conditioning system in a hospital because it can contribute to the maintenance eco environment. No other room of a hospital require extreme care control of the environmental conditions like the emergency room

The present thesis of degree deals with on redesigned the air conditioner system the emergency room of the IESS hospital room from San Jose de Ancon which present contamination problems solve to the actual system which it is not according to an emergency room must have.

Although in the mention hospital the contamination problems have preserve, this contamination have had severe consequences until this time, according administrative people this must be that the surgery in this hospital are not catalogued like a mayor surgery.

INTRODUCCIÓN

Los continuos avances que se presentan en la medicina y la tecnología, hacen necesaria una revisión constante de los requerimientos de aire acondicionado y ventilación para las instituciones clínicas y hospitalarias.

Los sistemas de acondicionamiento de aire que sirven a estas salas requieren un diseño muy cuidadoso para reducir al mínimo la concentración de partículas contaminantes. La mayor parte de las bacterias encontradas en salas quirúrgicas provienen del equipo de cirujanos como resultado de sus actividades en una operación.

El presente trabajo se lo realiza en la sala de cirugía del hospital del IESS de la parroquia San José de Ancón, que ya consta con un sistema acondicionador de aire. El área de la sala de cirugía es de 108 m², dividida en cuatro salas que son:

- Sala pre quirúrgica.
- Sala de esterilización.
- Sala de cirugías contaminadas, y
- Sala de cirugía principal.

De acuerdo a las condiciones físicas y factores de ganancia de calor de la sala de cirugía; con la ayuda del programa de computación de cálculo de carga se determinará el nuevo sistema acondicionador de aire con sus respectivos costos que optimizará la purificación del aire de dicha sala.

CONTENIDO

CAPÍTULO 1

1. Descripción general del hospital

La parroquia San José de Ancón se encuentra a 139 Km. de la ciudad de Guayaquil

FIGURA 1. MAPA DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS

San José de Ancón posee todos los servicios básicos, a los que se suma la presencia del hospital del IESS, que presta sus servicios desde hace muchos años atrás.

Este hospital, tiene un área de 6.800 m², al mismo que recurren alrededor de 75 pacientes por día no solo de la parroquia San José de Ancón; sino de parroquias y recintos cercanos

La sala de cirugía del presente hospital es usada dos veces diarias aproximadamente, utilizada a las 10 de la mañana cuando son cirugías programadas y por supuesto a cualquier hora del día en emergencias. El área total de la sala de cirugía es de 108 m². La sala de cirugía de este hospital esta dividida en 4 áreas que son:

- Sala pre quirúrgica,
- Sala de esterilización,
- Sala de cirugías contaminadas, y
- Sala de cirugía principal.

TABLA 1

EQUIPOS DEL SISTEMA ACONDICIONADOR DE AIRE ACTUAL

	Sala de Esterilización	**Sala de cirugía contaminada**	**Sala de cirugía principal.**
Tipo	Split decorativo de pared	Ventana	Ventana
Cantidad	1	2	2
Marca	Carrier	Samsung	LG
		Goldstar	LG
Modelo	Alfa	AW12FBDBA	LWC183MSMM1
	42KCE0243/38KCE0243	CW-18000QP	LWC183MSMM1
Capacidad de frió (nominal-BTU)	24,000	12,000	18,000
		18,000	18,000

CAPITULO 2

2. Conceptos y condiciones ambientales para un diseño.

Una de las necesidades más importantes de un hospital es mantener un alto nivel higiénico. En un hospital no solo hay mucha gente con sus defensas bajas, en estado débil y propensa a contaminarse, sino que además hay una gran concentración de bacterias. El sistema de aire acondicionado tiene un rol importante en ello.

El concepto de confort describe un delicado equilibrio de sensaciones placenteras del cuerpo producido por un entorno. El concepto de atmósfera confortable describe nuestro entorno cuando no somos consientes de ninguna inconformidad. El confort térmico depende de la actividad corporal y de la vestimenta, así como de la temperatura ambiente del local, temperatura del aire impulsado, velocidad del aire, grado de turbulencia y humedad del aire ambiente. Los criterios de confort que tienen en cuenta las influencias mencionadas vienen definidas en la norma UNE-EN ISO 7730.

Problemas de contaminación en las salas de cirugía.- El aire que se suministra a las salas de cirugía del hospital contienen siempre algunos contaminantes que pueden provenir del aire exterior o del aire de retorno, en caso de usarse recirculación. La facilidad y eficacia con la cual se pueden remover dependen de algunos factores: su tamaño, forma, gravedad específica, concentración y características de superficie.

El tamaño de los contaminantes se mide en micrones (1 micrón = 0.001 mm.),
El *aspergillus* es un hongo del género ascomiceto de estructura filiforme que posee esporas. Se encuentra fácilmente en el suelo, en el agua y en los restos vegetales y representa hasta el 40% de la flora fúngica del ambiente domestico y hospitalario.

Calidad del aire que circula en el ambiente quirúrgico.- El acondicionamiento de aire consiste básicamente, en el control de las condiciones ambientales en el interior de un espacio cerrado, referente a la temperatura, humedad, movimiento y limpieza de aire. Para mantener unas condiciones ambientales idóneas en el centro sanitario, el aire de climatización debe someterse a diferentes procesos antes de ser introducido en su interior.

Limpieza del aire.- En los procesos de tratamiento de aire, tiene una gran importancia la fase de limpieza del aire, que se realiza mediante filtros adecuados al grado de eficacia deseado, ya sea para el tratamiento del aire exterior y del aire de retorno, si se usa recirculación. La mayoría de los filtros removerán una buena cantidad del peso total de la materia en forma de partículas presentes en el aire. Sin embargo, para la aplicación deseada habrá un determinado tipo de filtro, dependiendo del estado de pureza ambiental que se desea lograr.

Los filtros de más alta eficiencia y alta perdida de presión se conocen como filtros absolutos (filtros HEPA, High Efficiency Particulate Air Arresting), son filtros secos, tipo celda y se construye generalmente con material filtrante de fibra de vidrio y asbesto. Estos filtros son esenciales donde se requieren aire ultra limpio, como en las salas de cirugías de hospitales.

El sistema de filtrado de aire a una sala de cirugía requiere de dos filtros en base y en serie. . El primero (prefiltro) con forma de panal de abeja, no permite que ingrese ningún objeto de grandes dimensiones al sistema de ventilación. Cuenta con un sistema de fieltro sostenido por alambre galvanizado.

El segundo es un filtro de alta eficiencia 90-95 %, con un sellador que no permite la adhesión de partículas o gérmenes, con un sistema de fieltro aislado por capas de material aislante que atraen las partículas por ionización

Condiciones mínimas para la salas de cirugías.- La mejor manera de acondicionar sala de cirugías consiste en utilizar aire totalmente fresco con arreglos para precalentar, recalentar, controlar la humedad, acoplado con un sistema mecánico de ventilación que remueve el aire desde el nivel alto y bajo de la sala de cirugía.

Una sala de operación debe tener una presión de aire más alta que cualquier otra área que con ella comunique. Esta presión positiva debe de ser de 0.1 pulgadas de agua.

El número de recambios por hora debe estar normalizado. Se recomienda un mínimo de 15 y un máximo de 25. y una velocidad del aire no superior a los 40 (Pies/min.). Aunque

en ciertos casos también señalan un número de recambios de aire por hora entre 20 y 25, de los cuales 4 deben ser de aire fresco.

La humedad relativa debe estar entre el 50 y 60 %. Cuando la humedad supera este rango, provoca transpiración y permite el crecimiento de moho. Cuando hay baja humedad se aumenta la generación de partículas y se desarrollan cargas electroestáticas que pueden ocasionar la explosión de los gases anestésicos concentrados cerca del piso de la sala de cirugía. Además hay intervenciones quirúrgicas que requieren altos niveles de humedad

La temperatura oscilará entre 18 y 24 ºC., dependiendo de los requerimientos del paciente. Especial atención merece el aumento de la temperatura ya que por encima del 35 ºC, aumenta la generación de partículas.

CAPITULO 3

3. Calculo de carga.

Para poder realizar el cálculo de carga se debe determinar ciertas características del lugar que se va a climatizar

La sala pre quirúrgica no se la va a climatizar debido que es un área solo de "*transito*"; cabe destacar que esto no perjudica la calidad de aire de las demás salas.

Un punto importante es la ubicación geográfica donde se encuentra cada sala de cirugía, la que se aprecia en la siguiente figura.

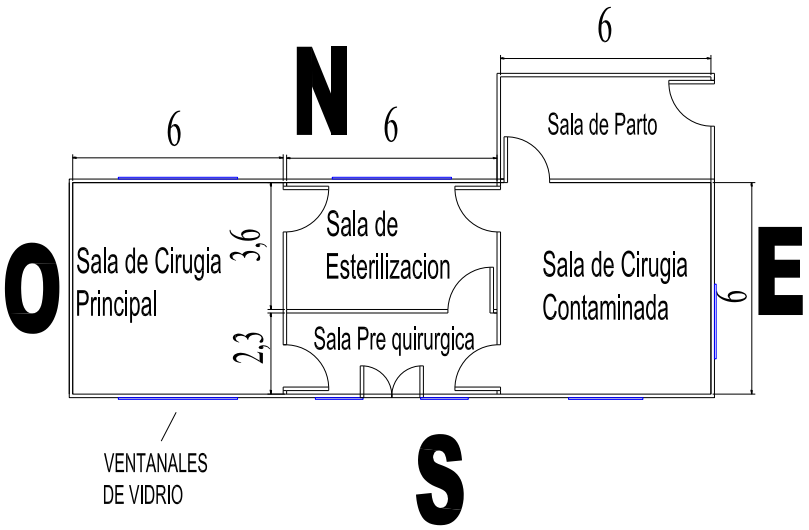

FIGURA 2. UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA SALA DE CIRUGIA

La cantidad de personas que se encuentran en la sala de cirugía al momento de una intervención quirúrgica, es un total de cuatro (4), que son: un cirujano, un ayudante, un instrumentista, y el paciente En la sala de cirugía principal si el acto quirúrgico a realizar es algo complicada se suma otra persona, que cumplirá las funciones de un segundo ayudante. Otro dato importante es el factor de la iluminación

Utilización del programa BLOCK LOAD 3.05
El calculo de carga se lo realizara por sala, el programa es el de la corporación Carrier, se divide en tres principales sub pantallas, la primera de ellas se ingresa los datos de la

región, país y la ciudad donde se desarrolla el proyecto, luego de ello el programa da los valores de la latitud, elevación, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo tanto en invierno como en verano.

En la siguiente sub pantalla se ingresa datos generales como nombre del área a climatizar, tipo de sistema, las horas de operación del equipo, datos de ventilación del ambiente, cantidad de aire extraído forzadamente, este dato se lo encuentra aplicando ecuaciones sencillas con la ayuda de un dato de especificación, el mismo que es el numero de recambios de aire, el mismo que es de 20 a 25, de los cuales 4 son de aire fresco, y así este valor se lo determina de la siguiente manera, cogiendo los datos de la sala de cirugía contaminada tenemos:

$$A = L \times F \quad \text{(Ecuación 3.1)}$$

Donde A, es el área de la sala; L, la longitud y F, el fondo de la sala.

$$A = (6m) * (6m) = 36\ m^2 = 388\ ft^2$$

$$Vol. = A * H \quad \text{(Ecuación 3.2)}$$

Donde Vol, es el volumen de la sala; A, es el área de la sala y H, la altura de la sala.

$$Vol. = (36\ m^2) * (3\ m) = 108\ m^3 = 3810\ ft^3$$

$$CFM = Vol. * RCH \quad \text{(Ecuación 3.3)}$$

Donde CFM, es los cambios de aire en pies cúbicos por minuto; Vol, es el volumen de la sala y RCH, es los recambios de aire por hora.

$$CFM = (3810\ ft^3) * (4\ cambios/Hr.) * (1Hr/60\ Min.) = 254 \approx 250$$

Asi mismo se ingresan valores de de la temperatura de enfriamiento y de calentamiento, según los requerimientos para una sala de cirugía esta oscila entre 18 y 24 ºC, por tal motivo se utilizará 22 ºC el mismo que en ºF es igual a 72., se ingresan valores de seguridad y el factor de by pass, que depende del lugar a climatizar, por lo que se ayudara de la siguiente tabla.

TABLA 2

VALORES DEL FACTOR DE BY PASS

Factor de Bypass	Tipo de la Aplicación	Ejemplo
0,30 - 0,50	Balance térmico pequeño (Ganancias latentes grandes)	Apartamentos
0,20 - 0,30	Acondicionamiento de confort clásico, balance térmico relativamente pequeño	Tiendas, o pequeñas fabricas
0,10 - 0,20	Acondicionamiento de confort clásico	Tiendas, grandes bancos y fabricas
0,05 - 0,10	Ganancias sensibles grandes o caudal de aire exterior grande	Tienda grande, restaurante y fabrica
0 - 0,10	Funcionamiento con aire fresco total	Hospital, quirófanos

En la ultima pantalla se ingresan valores de área de la sala, los watts de iluminación y de equipos, el numero de personas, trabajo que realizan, coeficientes de transferencias de los diversos tipos de paredes, ubicación geográfica de las paredes y ventanales de vidrio y el área de las mismas, y por ultimo valor de las particiones.

Luego de ello se guarda el trabajo y se corre el programa y da el valor total de la carga de enfriamiento que necesita cada sala y asi tenemos:

Sala de cirugía contaminada; Q = 40.392 BTU/hr
Sala de cirugía principal; Q = 40.464 BTU/hr.
Sala de esterilización; Q = 22.499 BTU/hr

CAPITULO 4

4. Selección de equipos y accesorios del sistema de distribución de aire acondicionado

Discusión sobre el uso del sistema acondicionador de aire a usar.
Considerando ciertos factores como son inversión inicial, confiabilidad de funcionamiento, costo de mantenimiento y consumo de energía se determina que los equipos a utilizar deben ser de expansión directa.

Selección de equipo acondicionador de aire.
Según el capitulo anterior teníamos la carga de enfriamiento que necesita cada sala, pero esta carga es exacta y los equipos son fabricados con capacidades estandarizadas. Y asi tenemos

TABLA 3

CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO DE LAS SALAS

Sala	Capacidad de frió resultante(BTU)	Capacidad de frió equivalente(BTU)
Sala de cirugía contaminada	40.392	48.000
Sala de cirugía principal	40.464	48.000
Sala de esterilización	22.499	24.000

Selección y distribución de filtros de alta eficiencia.
Los filtros son seleccionados debido a la eficiencia de los mismos, mientras más eficientes son más costosos. Para este caso se utilizara filtros HEPA de la compañía FLANDERS PRECISION, modelos *ALPHA CELL,*

La eficiencia a utilizar será de 99.97%, que pueden retener partículas de hasta 0.30 micrones, que según los actos quirúrgicos realizados en este hospital es una medida de eficiencia aceptable; las medidas y modelo de los mismos son:

- Filtro Alpha cell de 24" x 24" x 11 ½", modelo 0-007-C-07-00-IU-12-00-GG-F
- Pre filtro 40, Merv. 7, 25 – 30% de 24" x 24" x 2", modelo 84355,022424

Selección y distribución de difusores y rejillas

Para el presente proyecto los filtros HEPA harán las funciones de difusor, de esta manera bajar el costo del proyecto

Como se utilizara equipos, marca CARRIER, en sus especificaciones, da a conocer que por cada 30 BTU circula 1 CFM, para la sala de cirugía contaminada y la sala principal los equipos son de 48.000 BTU, con una regla de 3 tenemos:

$$CFM = 48.000\ BTU * 1\ CFM / 30\ BTU$$
$$CFM = 1.600$$

Este último valor es el que va a circular por cada filtro que hace la función de difusor
Para seleccionar la rejilla de retorno, se debe conocer el caudal de aire a circular que corresponde al total de CFM de la maquina. La máxima velocidad que circula por estos accesorios es de 450 FPM y así para seleccionar el tamaño de la rejilla de retorno tenemos:

$C = V.A$; donde C es el caudal y V la velocidad
$A = C / V$
$A = (1600\ ft^3/min.) / (450\ ft/min)$
$A = (3.556\ ft^2 * 144\ in^2) / 1\ ft^2$
$A = 512\ in^2$
$x = \text{sqrt}\ 512\ in^2$
$x = 22.63\ in \approx 24\ in$

Entonces la rejilla de retorno seleccionada será una RAME 24" x 24"

Dimensionamiento de ductos de inducción y retorno

Para la sala de cirugía contaminada y la sala principal el ducto de mando es similar. Los ductos son diseñados para una presión estática de hasta 1" de agua de caída de presión, utilizando un factor de fricción constante de 0.1 s.p. por cada 100 pies de longitud.

El dimensionamiento de los ductos se lo realiza con la ayuda de un "*ductulador"*, de la compañía *TRANE;* en la tabla 4 se puede observar distintas medidas de ductos donde la selección dependerá de la altura del ducto.

TABLA 4

MEDIDAS DE DUCTOS

Medidas a 0,1 " / Caudal (CFM)					
1600	16" x 16"	18" x 14"	20" x 12"	**24" x 10"**	34" x 8"
800	10" x 14"	12" x 12"	14" x 10"	16" x 8"	24" x 6"

Cronograma de construcción y montaje
El tiempo estimado para concluir el proyecto seria de tres días, divididos de la siguiente manera

La construcción de ductos tomaría un (01) día debido a que los tramos de ductos a realizar son pocos y además no es una trayectoria complicada la que debe recorrer la ducteria.

Concordando la instalación con el personal administrativo del hospital, este comenzaría un día sábado al medio día, por lo que los equipos y materiales para la instalación saldrían de la ciudad de Guayaquil el mismo día sábado en la mañana.

El montaje de los ductos junto con los filtros y difusores se tomaría 6 horas, la instalación de los equipos llevaría 2 horas, y una hora de la instalación de los termostatos. Dando por terminado la instalación el día sábado en la noche

La puesta en marcha de los equipos se la realizaría el día domingo en la mañana.

CAPITULO 5

5. Análisis de costos

El precio total del proyecto se lo ve en la siguiente tabla:

TABLA 13

PRECIO TOTAL DE CADA SALA

	Sala de cirugía contaminada	Sala de cirugía principal	Sala de esterilización
Equipo	1,498,82	1,498,82	1,191,86
Accesorios	1,349,11	675,77	546,74
Instalación	211,12	211,12	211,12
Total	3,059,05	2,385,71	1,949,72

CONCLUSIONES

1. El nuevo sistema acondicionador de aire cumplirá con los requerimientos de calidad de aire de una sala de cirugía, reduciendo de esta manera la contaminación actual del ambiente quirúrgico a la que están expuestas dicha sala.

2. El montaje del sistema acondicionador de aire descrito en la presente tesis se lo puede realizar con cualquier empresa que presten servicios de instalación de sistemas de climatización, debido a que constan con el personal técnico calificado para realizar dichas instalaciones.

3. Aunque la inversión es mayor a la actual, se debe tomar en cuenta, que el nuevo sistema es el recomendado, además el cambio de sistema acondicionador de aire se lo puede realizar pos salas. Cabe mencionar que el costo por BTU del sistema actual es de 0.048 frente al del presente trabajo igual a 0.062

REFERENCIAS

1. J. Villao, "Rediseño del sistema acondicionador de aire de la sala de cirugía del hospital del IESS de la parroquia San José de Ancón" (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2006)

2. CARRIER air conditioning company. "Manual del aire acondicionado"

3. C. Whitman, "Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado" (1era Edición, México, Paraninfo, 2000)

4. B. Langley, "Refrigeration and air conditioning" (3era Edition, New York, 1990)

Responsables:

José Miguel Villao

Ernesto Martínez Lozano