

03073

5

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIDAD ACADÉMICA DE LOS CICLOS PROFESIONAL Y DE  
POSGRADO

*La Viabilidad De Colectores Solares Plano En Un Análisis  
Técnico – Económico De Uso Eficiente Y Ahorro De  
Energía en Hospitales*

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
*MAESTRO EN ENERGÍA SOLAR*

PRESENTA:

**ANTONIO HERRERA GARCIA**

292547

Director de Tesis: Dr. Jorge M. Islas Samperio

*Temixco, Morelos, México, 2001*



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS

**A mi familia:** *Lucy, Kino, Alex y Naie.*

**A mis papás:** *Joaquinito y Juanita.*

**A mis hermanos:** *Ime, Chava, José, Juany, Came, Joaquin (†) y Cris.*

### AL PERSONAL DEL CIE:

**De la coordinación:** *Dr. Willy y Sra. Erendira.*

**Los profesores:** *Dr. I. Pilatowsky, Dr. S. Cuevas, Dr. R. Regman, Dr. R. Best, Dra. G. Heuelsz, Dr. A. Fernández, Dr. J. Islas, Dr. M. López de Haro, Dr. Y. Rubo, Dr. C. Estrada y al Dr. A. Arriola.*

**A mis compañeros:** *Pantoja, Moreira, Memo, Marco, Roger, D. Mejía M. Nolasco, S. Flores R.I. Sánchez.*

**A la compañera:** *Vero.*

### AL PERSONAL DEL IMSS:

**De las diferentes comisiones de becas.**

*Ing. R. Olvera, Ing. A. Araiza, Lic. N. De Anda, Lic. C. Juárez.*

**El personal del HGZ N°1,** *Dr. A. Contreras, Dr. A. Martínez, Lic. F. Macías, Ing. R. Márquez, Ing. R. Rocha, C. G. Aguilera y personal de Conservación.*

### AL PERSONAL DE CONAE:

*Ing. V. Hi, Ing. F. Márquez, Ing. A. Escobedo.*

### A LOS AMIGOS DE MORELOS:

*Mario, Kity, Daniel, Cesar, Luisa, Lety, Tomás, Arturo, Angie, Celina, Ernesto, Claudia, Ernesto, Cely, Alfredo, Aidé, Mauricio y Yamilet.*

### AGRADEZCO ADEMÁS A LAS INSTITUCIONES:

**CONACyT** *por su apoyo económico para cursar los créditos de la Maestría.*

**Fideicomiso "Olivares Santana"** *Por su apoyo económico.*

**PAPIIT DGAPA - UNAM** *por su apoyo económico para realizar esta Tesis.*

**IMSS,** *por que se me permitió realizar este trabajo.*

### UN AGRADECIMIENTO ESPECIAL PARA:

*Dr. J. J. Ambriz por los apoyos otorgados.*

*Dr. D. Morillón.*

*Dr. F. Manzini.*

*Dr. A. Arriola.*

*Dr. J. Islas por su paciencia, dirección y apoyo durante todo éste trabajo.*

En fin, doy gracias a Dios y agradezco a cada una de las personas que me ayudaron a que éste trabajo llegara a su término.

## INDICE GENERAL

	Pag.
Índice General.....	i
Figuras.....	v
Gráficas.....	vi
Tablas.....	ix
 INTRODUCCIÓN.....	 1
 <b>CAPÍTULO 1 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DE USO EFICIENTE Y AHORRO DE ENERGÍA EN HOSPITALES.....</b>	 <b>9</b>
1. ASPECTOS GENERALES DE LA METODOLOGÍA.....	10
1.1 Tipos de metodología.....	10
1.2 Las etapas de la metodología.....	12
1.3 Definición de la metodología.....	16
1.4 Objetivos.....	16
2. PROCEDIMIENTO EN LAS ETAPAS DE UNA METODOLOGÍA.....	18
2.1 Planeación y organización.....	18
2.2 Obtención de la información.....	20
2.3 Procesamiento de datos.....	21
2.4 Evaluación técnico económica.....	23
2.5 Reporte de resultados.....	25
3. METODOLOGÍA PARA HOSPITALES.....	25
3.1 Condiciones para la aplicación de una metodología para hospitales.....	26
3.2 Etapas de una metodología para hospitales.....	28
BIBLIOGRAFÍA.....	38
 <b>CAPÍTULO 2 LA ESTRUCTURA DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN HOSPITALES: CASO DEL CONJUNTO DEL IMSS EN AGUASCLIENTES.....</b>	 <b>42</b>
1. PATRÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO GENERAL.....	42
2. EL PERFIL DEL CONSUMO DE DIESEL EN EL CONJUNTO DEL IMSS....	45
2.1 Producción de vapor en el conjunto del IMSS.....	47
3. EL PERFIL DE LA DEMANDA ELÉCTRICA.....	48
3.1 características de la potencia del flujo eléctrico.....	52
4. USOS FINALES TÉRMICOS DEL CONJUNTO.....	56
4.1 Esterilización.....	57
4.2 Calentamiento de agua sanitaria.....	58
4.3 Cocción.....	59
4.4 Calefacción de espacios.....	60
4.5 Lavado de ropa.....	61
4.6 Calentamiento de agua de albercas.....	62



	<b>Pag.</b>
5 USOS FINALES ELÉCTRICOS DEL CONJUNTO DEL IMSS.....	63
5.1 Equipos electromédicos.....	63
5.2 Iluminación.....	64
5.3 Motores para bombas, compresores y elevadores.....	67
5.4 Aire acondicionado y refrigeración.....	67
BIBLIOGRAFÍA.....	71
<b>CAPITULO 3 EL POTENCIAL DE USO EFICIENTE Y AHORRO DE ENERGÍA EN EL BALANCE TÉRMICO DEL CONJUNTO DEL IMSS SEGÚN EL MÉTODO PINCH.....</b>	<b>74</b>
1. LA TECNICA PINCH O DE PUNTO DE PLIEGUE.....	75
1.1 Información necesaria para la aplicación del método.....	76
1.2 Clasificación de los datos del proceso termodinámico.....	78
2 EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE PUNTO DE PLIEGUE.....	80
2.1 Determinación de los equipos mínimos.....	80
2.2 Determinación del Punto de Pliegue por el método gráfico. ....	82
2.3 Determinación del Punto de Pliegue por el proceso analítico.....	85
3. RESULTADOS QUE SE OBTIENEN CON EL MÉTODO DE PUNTO DE PLIEGUE.....	86
3.1 Interpretación de resultados, propuesta de alternativas y determinación de los servicios óptimos.....	86
3.2 Construcción del esquema de diseño.....	86
3.3 Elaboración de la gran curva compuesta.....	88
4. APLICACIÓN DE LA TECNICA PINCH EN EL ESTUDIO DE CASO.....	89
4.1 Diagrama y balance térmico del conjunto del IMSS.....	89
4.2 Corrientes del sistema térmico del conjunto del IMSS.....	90
5. EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL BALANCE TERMODINÁMICO DEL CONJUNTO DEL IMSS.....	93
5.1 Equipos Intercambiadores de calor necesarios en el conjunto del IMSS.....	94
5.2 El punto de pliegue para el sistema térmico del conjunto del IMSS.....	94
6. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO PINCH EN EL CONJUNTO DEL IMSS.....	96
6.1 Esquema de intercambiadores de calor para el conjunto del IMSS.....	97
6.2 La gran curva compuesta.....	98
6.3 El potencial de uso eficiente y ahorro de energía en el conjunto del IMSS.....	99
6.4 Alternativas energéticas.....	99
BIBLIOGRAFÍA.....	101

	<b>Pag</b>
<b>CAPÍTULO 4. EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS DE USO EFICIENTE Y AHORRO DE ENERGÍA EN HOSPITALES: INTERCAMBIADORES DE CALOR, COLECTORES SOLARES PLANOS, LÁMPARAS EFICIENTES Y MOTORES ELÉCTRICOS.....</b>	<b>103</b>
1. PARAMETROS ECONÓMICOS.....	104
1.1 El periodo de recuperación.....	104
1.2 El valor presente neto.....	104
1.3 La tasa interna de rentabilidad.....	105
1.4 El análisis beneficio – costo.....	106
2. EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DE LA RECUPERACIÓN DE CALOR DE DESHECHO.....	106
2.1 Aspectos generales de los intercambiadores de calor.....	107
2.2 Evaluación técnico económica de la recuperación de calor de deshecho de la red de condensados y de las aguas jabonosas.....	108
3. EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL USO DE COLECTORES SOLARES PLANOS EN EL CONJUNTO DEL IMSS.....	113
3.1 La radiación solar.....	113
3.2 Colectores solares planos.....	116
3.3 Metodología para la evaluación técnico económica del uso de colectores solares planos para calentamiento de agua.....	118
3.4 Evaluación técnico económica del uso de colectores solares planos en el conjunto del IMSS.....	120
4. EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL CAMBIO DE LÁMPARAS AHORRADORAS DE ENERGÍA EN EL CONJUNTO DEL IMSS .....	128
4.1 Herramienta de cálculo.....	129
4.2 Resultados por la aplicación de la medida.....	130
5. EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL CAMBIO DE MOTORES ELÉCTRICOS.....	133
5.1 Herramienta de cálculo.....	134
5.2 Resultados por la aplicación de la medida.....	135
BIBLIOGRAFÍA.....	139
 <b>CAPÍTULO 5 INDICADORES ENERGÉTICOS PARA HOSPITALES.....</b>	<b>142</b>
1. INDICADORES DE CONSUMO ENERGÉTICO PARA HOSPITALES.....	142
2. INDICADORES ENERGÉTICOS PARA HOSPITALES DEL IMSS.....	144
3. INDICADORES ENERGÉTICOS DEL CONJUNTO DEL IMSS.....	145
3.1 Indicadores energéticos del conjunto del IMSS por tipo de energía.....	146
3.2 Indicadores energéticos del conjunto del IMSS por usos finales.....	146
4. EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES ENERGÉTICOS DEL CONJUNTO DEL IMSS.....	147

	Pág.
5. COMPARACIÓN ENTRE LOS INDICADORES OBTENIDOS DEL IMSS CON LOS INTERNACIONALES.....	151
5.1 Comparación de indicadores de consumo energético por área (kWh/m <sup>2</sup> ).....	151
5.2 Comparación de indicadores de consumo energético por capacidad (MWh/cama).....	153
5.3 Comparación de indicadores de consumo energético de uso final.....	155
6. POTENCIAL DE AHORRO ENERGÉTICO POR ANÁLISIS DE INDICADORES ENERGÉTICOS.....	159
BIBLIOGRAFÍA.....	162
CONCLUSIONES.....	164

## ANEXOS

Anexo "A" TABLAS DE INFORMACIÓN ENERGÉTICA DEL CONJUNTO DEL IMSS.....	169
Anexo "B" INFORMACIÓN SOBRE TARIFAS ELÉCTRICAS.	187
Anexo "C" CALCULO DE LA PRODUCCIÓN DE VAPOR EN LAS CALDERAS DEL HOSPITAL.	210
Anexo "E" PROGRAMA DE CALCULO DE COLECTORES SOLARES PLANOS.	213
Anexo "F" DETALLE DE CALCULO DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA (CAPÍTULO 4).	222
Anexo "G" HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE ILUMINACIÓN	231
Anexo "H" HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DEL CAMBIO DE MOTORES ELÉCTRICOS.	238
Anexo "I" INDICADORES ENERGÉTICOS PARA HOSPITALES.	245

## FIGURAS

FIGURA	TITULO	PAG.
Figura 1.1	Organigrama general de un Hospital .....	32
Figura 1.2	Metodología de Uso Eficiente y Ahorro de Energía en Hospitales.....	36
Figura 2.1	Croquis de las unidades del conjunto del IMSS.....	42
Figura 2.2	Calderas del hospital.....	48
Figura 2.3	Usos finales térmicos del conjunto del IMSS.....	56
Figura 2.4	Algunos usos finales eléctricos del conjunto del IMSS.....	63
Figura 2.5	Balance por usos finales en el conjunto del IMSS.....	70
Figura 3.1	Ejemplo de un proceso simplificado de destilación.....	77
Figura 3.2	Diagrama del ejemplo de un proceso de destilación simplificado con recuperación de calor .....	77
Figura 3.3	Representación de las corrientes termodinámicas del ejemplo.....	78
Figura 3.4	Esquema de un intercambiador de calor para determinar la $\Delta T_{MIN}$ .....	79
Figura 3.5	Malla para determinar el número de intercambiadores de calor del ejemplo. (a)                      (b).....	81
Figura 3.6	El esquema de diseño del ejemplo.....	87
Figura 3.7	Diagrama del sistema térmico del conjunto del IMSS.....	89
Figura 3.8	Corrientes actuales del conjunto del IMSS.....	90
Figura 3.9	Corrientes propuestas para el conjunto del IMSS.....	91
Figura 3.10	Esquema de equipos mínimos.....	94
Figura 3.11	Esquema de diseño de equipos intercambiadores de calor.....	97
Figura 4.1	Intercambiador de tubos concéntricos.....	107
Figura 4.2	Intercambiador de tubos y coraza.....	107
Figura 4.3	Intercambiador de placa plana.....	107
Figura 4.4	Perfil de temperatura para flujo paralelo con un intercambiador de doble tubería.....	108
Figura 4.5	Perfil de temperatura para flujo cruzado con un intercambiador de doble tubería.....	108
Figura 4.6	Esquema tierra sol.....	113
Figura 4.7	El Espectro solar.....	114
Figura 4.8	Geometría solar.....	115
Figura 4.9	Esquema de un colector solar plano.....	117

## GRÁFICAS

GRÁFICA	TÍTULO	PAG
Gráfica 1	Presupuesto ejercido en la compra de fluidos y energéticos en el IMSS en 1998 (dólares dic. 1999).....	3
Gráfica 2	Distribución del consumo de energéticos de Conservación en el IMSS en 1998.....	3
Gráfica 2.1	Consumo anual de los energéticos del conjunto del IMSS.....	44
Gráfica 2.2	Distribución promedio mensual de energía total del periodo (1993-1999)	44
Gráfica 2.3	Consumo promedio mensual de diesel del conjunto del IMSS.....	45
Gráfica 2.4	Distribución de temperaturas y consumos de diesel del periodo.....	45
Gráfica 2.5	Consumo anual de diesel del conjunto del IMSS (1993-1999).....	46
Gráfica 2.6	Precio del diesel del periodo de 1997 a 1999 (base diciembre 1999) .....	47
Gráfica 2.7	Consumo promedio mensual de electricidad del conjunto del IMSS (1993 – 1999).....	49
Gráfica 2.8	Serie del comportamiento de los consumos mensuales de electricidad del conjunto del IMSS y la Temperatura ambiente. (1993 a 1999).....	49
Gráfica 2.9	Consumo anual de electricidad del conjunto del IMSS (1993 –1999).....	50
Gráfica 2.10	Consumo de energía eléctrica por tarifa horaria (1999).....	51
Gráfica 2.11	Demanda de potencia máxima (1999).....	51
Gráfica 2.12	Costo de kW y kWh en la tarifa O-M.....	52
Gráfica 2.13	Costo de kW y kWh en la tarifa H-M.....	52
Gráfica 2.14	Distribución Horaria de la Potencia Eléctrica del Transformador de 400 kVA del Hospital.....	53
Gráfica 2.15	Factor de potencia total Eléctrica del Transformador de 400 kVA del hospital.....	54
Gráfica 2.16	Cargas de trabajo de los autoclaves del Hospital en 1999 y primer trimestre de 2000.....	57
Gráfica 2.17	Raciones alimenticias servidas en el hospital en el periodo de 1997 – 1999.....	60
Gráfica 2.18	Cargas en las máquinas lavadoras de ropa de lavandería en 1999.....	61
Gráfica 2.19	Distribución de gabinete por código en el hospital.....	66
Gráfica 3.1	Corrientes y curva compuesta fría del ejemplo.....	82
Gráfica 3.2	Corrientes y curva compuesta caliente del ejemplo.....	82
Gráfica 3.3	Localización del punto Pinch por el método gráfico del ejemplo.....	83
Gráfica 3.4	Distribución de la los servicios respecto a la $\Delta T_{MIN}$ (caso normal).....	84
Gráfica 3.5	Distribución de los servicios respecto a la $\Delta T_{MIN}$ (caso de umbral).....	84
Gráfica 3.6	Ejemplo de la obtención del punto Pinch por el método analítico.....	85
Gráfica 3.7	La gran curva compuesta del ejemplo.....	88
Gráfica 3.8	Curva compuesta fría.....	91
Gráfica 3.9	Curva compuesta caliente.....	91
Gráfica 3.10	Los servicios requeridos por diferente $\Delta T_{MIN}$ (caso en el umbral).....	92
Gráfica 3.11	Localización del Pinch por el método gráfico ( $\Delta T_{MIN} = 22^{\circ}C$ ).....	95
Gráfica 3.12	Corrientes del proceso por rango de temperatura.....	95
Gráfica 3.13	La gran curva compuesta.....	98

Gráfica 3.14	Integración de los servicios actuales y la gran curva compuesta resultante. ....	99
Gráfica 3.15	Integración de algunas tecnologías en la gran curva compuesta del sistema térmico del conjunto del IMSS.....	100
Gráfica 4.1	Radiación global media de la República Mexicana.....	116
Gráfica 4.2	Radiación global media de la ciudad de Aguascalientes.....	116
Gráfica 4.3	Distribución de la demanda horaria (estimada) de agua caliente sanitaria en el conjunto del IMSS.....	121
Gráfica 4.4	Fracción solar (caso 1).....	123
Gráfica 4.5	Distribución anual del calor aportado con 860 m <sup>2</sup> de colectores, el calor auxiliar y total (caso 1) .....	124
Gráfica 4.6	Distribución de la energía aportada con 860 m <sup>2</sup> de colectores en el mes de mayo (caso 1) .....	124
Gráfica 4.7	Distribución de la energía aportada con 860 m <sup>2</sup> de colectores en el mes de octubre (caso 1).....	124
Gráfica 4.8	Distribución mensual horaria de la temperatura de salida del grupo colector (caso 1).....	125
Gráfica 4.9	Fracción solar (caso 2).....	125
Gráfica 4.10	Distribución anual del calor aportado con 550 m <sup>2</sup> de colectores, el calor auxiliar y total (caso 2) .....	126
Gráfica 4.11	Distribución de la energía aportada con 550 m <sup>2</sup> de colectores en el mes de mayo (caso 2) .....	126
Gráfica 4.12	Distribución de la energía aportada con 550 m <sup>2</sup> de colectores en el mes de octubre (caso 2).....	126
Gráfica 4.13	Distribución mensual horaria de la temperatura de salida del grupo colector (caso 2) .....	127
Gráfica 4.14	Periodo de recuperación de las alternativas evaluadas.....	138
Gráfica 4.15	Valor presente neto de las alternativas evaluadas.....	138
Gráfica 4.16	Tasa interna de retorno de las alternativas evaluadas.....	138
Gráfica 4.17	Factor beneficio costo de las alternativas evaluadas.....	138
Gráfica 5.1	Índice promedio anual del consumo energético mensual por área del conjunto del IMSS .....	149
Gráfica 5.2	Dispersión del índice promedio anual del consumo energético mensual por área del conjunto del IMSS .....	149
Gráfica 5.3	Indicador de consumo energético total por área (kWh/m <sup>2</sup> ).....	152
Gráfica 5.4	Indicador de consumo total energético de hospitales por área (kWh/m <sup>2</sup> ).....	153
Gráfica 5.5	Indicador de consumo energético total de hospitales por capacidad (MWh/cama).....	154
Gráfica 5.6	Comportamiento de la demanda específica como función del consumo eléctrico mensual.....	160
Gráfica 5.7	Comportamiento del indicador de consumo de energía total por área como función del consumo total mensual.....	160
Gráfica 5.8	Comportamiento del indicador de consumo de energía total por capacidad como función del consumo total mensual.....	160

---

Gráfica C.1	Trabajo de la bomba de agua de alimentación a la caldera 2.....	210
Gráfica C.2	Trabajo de la bomba de agua de alimentación a la caldera 2 (tiempo acumulado en horas).....	210
Gráfica C.3	Trabajo de la bomba de agua de alimentación a la caldera 3.....	211
Gráfica C.4	Trabajo de la bomba de agua de alimentación a la caldera 3 (tiempo acumulado en horas).....	211

## TABLAS

TABLA	TITULO	PAG
Tabla 1.1	Los diferentes tipos de metodología según propuesta de cada autor.....	11
Tabla 1.2	Las etapas de una metodología según autor.....	13
Tabla 2.1	Consumos y precios de energéticos del conjunto IMSS (1999).....	55
Tabla 3.1	La tabla del problema y de corrientes corregidas del ejemplo.....	80
Tabla 3.2	Tabla del problema.....	93
Tabla 3.3	La nueva tabla de temperaturas corregidas con para una $\Delta T_{\text{MIN}} = 22^{\circ}\text{C}$ ..	93
Tabla 3.4	Balance de carga térmica por rango de temperatura.....	96
Tabla 3.5	Algunas tecnologías por calidad de energía térmica generada.....	100
Tabla 4.1	Datos de los tres intercambiadores de calor que se propone instalar en el conjunto del IMSS.....	109
Tabla 4.2	Resultado de la evaluación económica de la rehabilitación de la red de condensados del conjunto del IMSS.....	111
Tabla 4.3	Resultado de la evaluación económica de recuperar el calor de las aguas jabonosas de lavandería.....	112
Tabla 4.4	Consumo horario (estimado) de agua caliente sanitaria en el conjunto del IMSS.....	121
Tabla 4.5	Resultados de la evaluación económica del uso de colectores solares planos en el conjunto del IMSS.....	128
Tabla 4.6	Resultados de la evaluación técnico económica del cambio de lámparas en el hospital.....	133
Tabla 4.7	Resultados de la evaluación técnico económica del cambio de motores en el hospital.....	136
Tabla 4.8	Concentrado de las alternativas evaluadas.....	137
Tabla 5.1	Indicadores energéticos del Hospital General de Zona del IMSS para 1999-2000.....	145
Tabla 5.2	Concentrado del índice de consumo energético del conjunto del IMSS.....	146
Tabla 5.3	Indicadores de consumo energético del conjunto del IMSS por uso final.....	147
Tabla 5.4	Criterios para evaluar un indicador por medio de la dispersión.....	148
Tabla 5.5	Resumen de la evaluación por dispersión estadística de los indicadores energéticos del conjunto del IMSS.....	150
Tabla 5.6	Consumo energético por usos finales de la energía en hospitales en forma porcentual.....	157
Tabla 5.7	Consumo energético por uso final de hospitales.....	158
Tabla 5.8	Resumen de resultados del análisis de correlación de indicadores.....	161
Tabla A.1	Consumo anual de energéticos del conjunto del IMSS.....	169
Tabla A.2	Consumos históricos de electricidad y diesel (1993 - 1999).....	170
Tabla A.3	Precio del diesel de 1997 a 1999 (base diciembre de 1999).....	171
Tabla A.4	Precio de electricidad del conjunto del IMSS de 1996 a 1999 (base diciembre 1999).....	172
Tabla A.5	Facturación eléctrica del conjunto del IMSS 1996 - 1999.....	174
Tabla A.6	Datos de la facturación eléctrica (en tarifa HM).....	176
Tabla A.7	Parámetros obtenidos del transformador eléctrico del HGZ (18-27 feb. 2000).....	177
Tabla A.8	Cargas de vapor en los autoclaves del HGZ.....	178



TABLA	TITULO	PAG
Tabla A.9	Estimación de cargas térmicas del conjunto del IMSS.....	179
Tabla A.10	Estimación de los Flujos Térmicos del conjunto del IMSS.....	180
Tabla A.11	Raciones alimenticias servidas en el área de Dietología del hospital del conjunto del IMSS.....	180
Tabla A.12	Cargas por máquina en la lavandería regional .....	181
Tabla A.13	Cálculo del consumo diario de agua en la lavandería regional.....	181
Tabla A.14	Datos medidos en el intercambiador de calor de albercas del conjunto del IMSS.....	181
Tabla A.15	Niveles de iluminación para hospitales.....	182
Tabla A.16	Concentrado de la electricidad utilizada en el HGZ para iluminación.....	183
Tabla A.17	Códigos, especificaciones y concentrado de gabinetes utilizados en el HGZ del conjunto del IMSS.....	184
Tabla A.18	Principales Motores del hospital del conjunto del IMSS.....	185
Tabla A.19	Principales equipos de Aire acondicionado y refrigeración del hospital del conjunto del IMSS.....	186
Tabla B.1	Elementos para la determinación de las tarifas eléctricas.....	189
Tabla B.2	Capacidad de los motores eléctricos.....	197
Tabla B.3	Clasificación de las tarifas eléctricas.....	200
Tabla B.4	Cargos, en la tarifa O-M, por demanda máxima medida y por consumo de energía.....	204
Tabla B.5	Cargos en la tarifa H-M por demanda facturable, y por la energía de base, intermedia y punta.....	207
Tabla B.6	Distribución de los periodos horarios del primer domingo de abril, al sábado anterior al último domingo de octubre	208
Tabla B.7	Distribución de los periodos horarios del último domingo de octubre, al sábado anterior al primer domingo de abril.....	208
Tabla C.1	Tiempo de trabajo de la bomba de alimentación de agua a calderas (concentrado).....	211
Tabla C.2	Tiempo de trabajo de la bomba de alimentación de agua a calderas (registro horario).....	212
Tabla F.1	Detalles de cálculo de intercambiadores.....	223
Tabla F.2	Dato técnico de los intercambiadores de calor marca Armstrong .....	223
Tabla F.3	Elementos necesarios para la rehabilitación de la red de condensados.....	224
Tabla F.4	Escenarios de evolución de los precios del diesel.....	225
Tabla F.5	Cálculo de los parámetros económicos de la rehabilitación de la red de condensados del conjunto del IMSS (con escenario de precios bajo).....	226
Tabla F.6	Cálculo de los parámetros económicos para recuperar el calor de las aguas jabonosas de lavandería (con escenario de precios bajo).....	226
Tabla F.7	Temperaturas de Aguascalientes <sup>0</sup> C (1999).....	227
Tabla F.8	Datos del colector Sunway SM37-V.....	227
Tabla F.9	Cálculo del periodo de recuperación de colectores solares planos.....	228
Tabla F.10	Cálculo del Valor Presente Neto para los dos casos de colectores solares planos para el conjunto del IMSS.....	229
Tabla F.11	Cálculo de la Tasa Interna de Retorno para los dos casos de colectores solares planos para el conjunto del IMSS.....	229

TABLA	TITULO	PAG
Tabla F.12	Cálculo del factor beneficio costo (B/C) para los dos casos de colectores solares planos para el conjunto del IMSS.....	230
Tabla G.1	Existing.....	231
Tabla G.2	Proposed.....	232
Tabla G.3	Implementation.....	233
Tabla G.4	Tasa Interna de retorno.....	234
Tabla G.5	Incremental.....	235
Tabla G.6	Calculo de parámetros económicos.....	236
Tabla G.6	Detalles técnicos y económicos de gabinetes eléctricos.....	237
Tabla H.1	Current.....	238
Tabla H.2	Proposed.....	239
Tabla H.3	Payback.....	240
Tabla H.4	Incremental saving.....	241
Tabla H.5	TIR o IRR.....	241
Tabla H.6	Lookup.....	242
Tabla H.7	Mmaster.....	243
Tabla I.1	Área total del conjunto del IMSS.....	245
Tabla I.2	Productos del hospital.....	245
Tabla I.3	Temperatura promedio mensual de Aguascalientes (°C).....	246
Tabla I.4	Evaluación de la dispersión de los indicadores de consumo eléctrico mensual por área y por cama.....	247
Tabla I.5	Evaluación de la dispersión de los indicadores de consumo de diesel mensual por área y por cama.....	248
Tabla I.6	Evaluación de la dispersión de los indicadores de consumo total energético mensual por área y por cama.....	249
Tabla I.7	Resumen de la evaluación por dispersión estadística de los indicadores por consumo energético por área y capacidad del conjunto del IMSS.....	250
Tabla I.8	Evaluación de la dispersión de índices eléctricos del conjunto del IMSS.....	251
Tabla I.9	Evaluación de la dispersión de índices por consumo de diesel del conjunto del IMSS.....	252
Tabla I.10	Evaluación de dispersión de índices por consumo energético total del conjunto IMSS.....	253
Tabla I.11	Índices por consumo energético total del conjunto IMSS.....	254
Tabla I.12	Análisis del índice de demanda eléctrica específica del conjunto del IMSS.....	255
Tabla I.13	Evaluación del potencial de ahorro energético por correlación estadística de índices del conjunto del IMSS (1993-1999).....	256

## INTRODUCCIÓN

En el plano internacional, el análisis del consumo energético del sector hospitalario ha sido estudiado desde fines de los años 70's, particularmente en los Estados Unidos. En 1978 el Departamento de Energía de los Estados Unidos editó un manual para auditorías energéticas en hospitales [DOE, 1978] y se autorizó un programa de conservación de energía que hace énfasis en hospitales [A. Thumann, 1989]. Posteriormente, se reportan casos de estudio de ahorro y uso eficiente de la energía en Hospitales [A. Thumann, 1983] y recientemente se han obtenido datos de índices de consumo energético de algunos hospitales del país [BUREAU, 1999]. Por último, según datos obtenidos en los hospitales de éste país que tienen un programa de ahorro de energía se consume  $1,879,635 \text{ kJ/m}^2$  por año, mientras que en aquellos que aún carecen de un programa de este tipo su consumo es  $3,134,597 \text{ kJ/m}^2$ , es decir un 40% más.

Existe también un interés creciente de instituciones internacionales sobre el tema de uso eficiente y ahorro de energía en hospitales. Entre ellas destacan la Agencia Internacional de Energía con su reporte "A Guide for Energy Management in Hospitals" [IEA, 1989], la Comunidad Europea con su estudio sobre "Energy efficiency in hospitals and clinics" [Comisión Europea, 1999], el Centro de Diseminación y Diversificación de Tecnología Energética que reporta el estudio "Learning experiences with Energy Savings in Hospitals and Saving energy with Energy Efficiency in Hospitals" [S. Jakélius, 1996; CADDET, 1997]. En 1999 se realizó en España por medio del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) la "jornada de IDAE para analizar la reducción de los costes energéticos en los hospitales españoles". En esta jornada se manifiesta que "con una antigüedad media de las instalaciones superior a los 10 años, el sector hospitalario es dentro del sector terciario uno de los principales consumidores de energía, con una facturación anual por este concepto superior a los 272.5 millones de dólares. Gastos que se derivan de las partidas de calefacción, climatización, agua caliente sanitaria, iluminación y potencia eléctrica — Sin embargo, actualmente existen en el mercado alternativas tecnológicas y equipos instalados que suponen una importante reducción de esos costes energéticos" [IDAE, 1999].

Por último, en el ámbito internacional, destacan los estudios de ahorro y uso eficiente de la energía y las alternativas energéticas en hospitales de L. Ostroy (1981), M. Santamouris (1994), J. M. Williams (1999), R. Getino (1999), J. J. González (1999), L. Lockie (1999), A. Sánchez (1999), W. A. Hyman (1998),

En el plano nacional, el sector hospitalario mexicano en el balance general de energía, está integrado en el consumo final de la energía, en la subdivisión del apartado residencial, comercial y público. Sin embargo, hasta la fecha en la literatura revisada no se han encontrado datos específicos del consumo energético de este sector en México. Una excepción es el consumo del sector hospitalario de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) que representó cerca del 2% [G. Quadri, 1994] del total del sector servicios en esta zona, lo que equivale al 0.08% del consumo total de energía en la ZMCM.

El sector hospitalario consume por tanto un 0.08% de la energía total consumida en la ZMCM.

Como podemos observar en la ZMCM aparece un área importante de consumo energético para llevar a cabo programas de uso eficiente y ahorro de energía en hospitales (UEAEH). Presumimos que al extrapolar esta reflexión a nivel de todo el país y en particular a las Instituciones de Salud del Sector Público se tiene un campo amplio para analizar la pertinencia de aplicar programas de UEAEH.

La bibliografía que hemos revisado hasta ahora muestra que hay pocos estudios de campo en los cuales se enlistan recomendaciones para mejorar el uso de la energía en hospitales en México. Sin embargo, existen algunas excepciones, como la realizada en el año 1994 por el Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (FIDE) en el Hospital de la Mujer ubicado en Prolongación Díaz Mirón No. 374, Col Santo Tomás, México, D.F. [FIDE, 1994], y más recientemente un estudio de 4 hospitales ubicados en la Delegación Tlalpán [CMP+L, 1999] que realizó el Centro Mexicano para la Producción Más Limpia (CMP+L). Según éste último estudio los resultados de ahorro de energía que se encontrarían al implementar todas las medidas de UEAEH encontradas, en particular en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER), podrían llegar hasta un 35% respecto a los consumos energéticos anuales [CMP+L, 07/1999]

Por otro lado, la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) promovió entre 1995 y 1997 estudios de ahorro en el consumo eléctrico en diferentes hospitales<sup>1</sup> públicos a través del programa "Cien Edificios Públicos. Por ejemplo en un Hospital del IMSS en 1997 se detecto un potencial de ahorro de energía eléctrica cercano al 4%, al ser implementadas las medidas propuestas [CONAE, 1997, P.5].

Por último, en un estudio realizado recientemente [F. Manzini, 1999] se estimó que para el sector hospitalario de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se puede obtener un ahorro de 7.13 GJ/día, utilizando colectores solares planos, equivalentes al 59% de la cantidad de diesel utilizado para calentar agua.

Cabe mencionar que la alternativa del uso de colectores solares planos se implementó desde 1993 en el hospital 20 de noviembre de la ciudad de México en donde hay una instalación 900 m<sup>2</sup> de colectores solares planos, sin embargo, no se han encontrado reportes de operación y resultados.

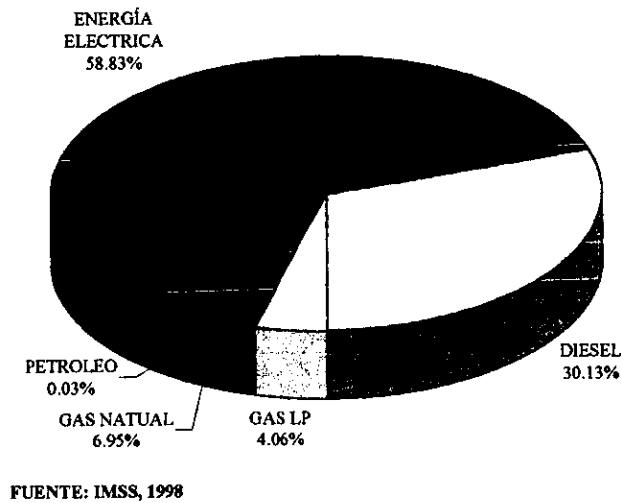
El Instituto Mexicano del Seguro Social inició en el año de 1987 un "Programa de Ahorro de Fluidos y Energéticos" con el fin de abatir los consumos de agua, energéticos y gases medicinales a través de la aplicación de nuevas tecnologías de mayor eficiencia y vida útil sin detrimento de los niveles de confort tanto para los derechohabientes como para los propios trabajadores. En este programa se establecieron las políticas internas relacionadas con los consumos energéticos de las unidades<sup>2</sup> del sistema. La Dirección Administrativa del

<sup>1</sup> Información existente en la gerencia de CONAE (U3E) de Aguascalientes.

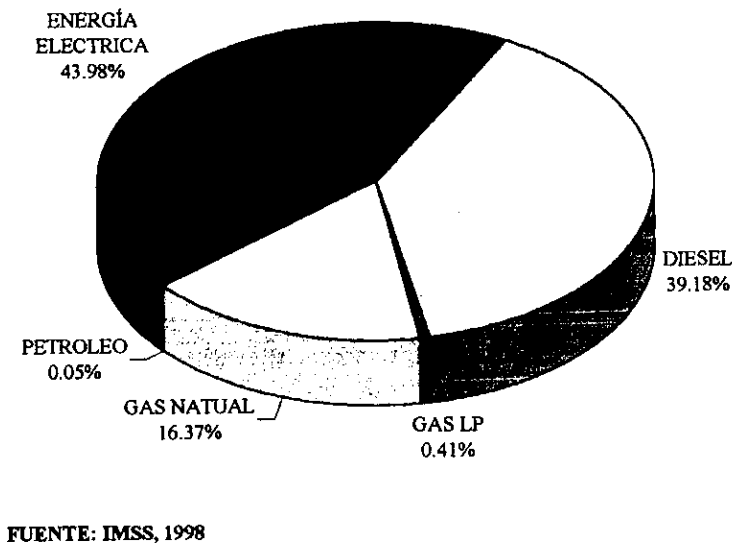
<sup>2</sup> Unidad en el IMSS es cualquier edificio donde se tiene una actividad relacionada con el Instituto (unidad médica, administrativa, hospital, etc.).

IMSS a través de la Coordinación de Construcciones, Conservación y Equipamiento de la División de los Servicios de Conservación es la encargada de llevar a cabo las acciones del programa mencionado, por medio de las Jefaturas de Conservación de Unidad<sup>3</sup>. Hasta ahora se presume que este programa ha dado resultados en el área eléctrica, sin embargo no se ha encontrado en la literatura los resultados de dichas acciones.

*Gráfica 1 Presupuesto ejercido en la compra de fluidos y energéticos en el IMSS en 1998 (dólares dic. 1999).*



*Gráfica 2 Distribución del consumo de energéticos de Conservación en el IMSS en 1998*



<sup>3</sup> Departamento que se encarga de la conservación de instalaciones, equipos, mobiliario e inmuebles en todas las unidades del IMSS.

En algunas Delegaciones o Unidades del IMSS se han hecho esfuerzos en el área de UEAEH, principalmente por iniciativa de autoridades locales o del propio Jefe de Conservación. Por ejemplo, las delegaciones de Jalisco y Veracruz. Sin embargo no se ha encontrado resultados publicados de estas acciones de UEAEH. En la *gráfica 1* presentamos los diferentes energéticos consumidos en el IMSS por el monto económico que represento para cada uno de ellos en el año 1998. Por el contrario en la *gráfica 2* se muestran los diferentes energéticos de acuerdo a los consumos físicos respectivos.

Las actividades de UEAEH parecen muy importantes para el IMSS ya que tiene 6,277 unidades [IMSS, 1999], con un consumo anual de energía de 4.654 PJ en 1998 [IMSS, 1998] (*gráfica 1*) el cual representó un 0.113% del consumo nacional final total (4,101 PJ) [SE, 1998], con un presupuesto ejercido de 70.97 millones de dólares de diciembre de 1999<sup>4</sup> (501.5 millones de pesos) (*gráfica 2*). Como se observa en las *gráficas 1 y 2* los principales energéticos son: el diesel cuyo consumo representó 1.715 PJ (55 millones de litros) y la energía eléctrica cuyo consumo fue de 1.925 PJ (534.7 millones de kWh). El presupuesto ejercido para la compra de estos dos energéticos respectivamente, fue de 21.38 millones de dólares de diciembre de 1999 (151 millones de pesos) y 41.755 millones de dólares de diciembre de 1999 (295 millones de pesos) [IMSS, 1998], lo que hace un total de 63.13 millones de dólares de diciembre de 1999 (441 millones de pesos).

El Hospital General de Zona N°1 (HGZ N°1) del IMSS en Aguascalientes está ubicado en un conjunto, donde se localizan varias unidades del IMSS. Tanto las instalaciones eléctricas como las de suministro de vapor y agua caliente distribuyen los energéticos a todo el conjunto. Aunque el hospital es el principal consumidor de energéticos, no se puede delimitar sus consumos, por lo cual en este trabajo hablamos del conjunto IMSS.

Dada la importancia en términos físicos y monetarios del consumo energético en los hospitales nacionales, y en particular en los hospitales del IMSS, y dada la falta de estudios nacionales en hospitales que aborden los problemas de metodología, de estructura de consumo de energía, de herramientas para el análisis del consumo energético, de alternativas energéticas y del establecimiento de indicadores energéticos, en esta tesis nos planteamos los siguientes objetivos:

- a) Determinar una metodología de uso eficiente y ahorro de energía para hospitales.
- b) Elaborar la estructura de consumo energético y de usos energéticos finales para hospitales.
- c) Obtener la energía térmica óptima del sistema termodinámico de hospitales.
- d) Inferir potenciales de ahorro energético y económico en hospitales, mediante la evaluación técnico – económica de alternativas y medidas energéticas.
- e) Construir indicadores energéticos para hospitales.

Para llevar a cabo estos objetivos, se realizará el estudio de caso del Hospital General de Zona N°1 “Dr. José Luis Avila Pardo” (HGZ N°1) de la Delegación Estatal en Aguascalientes. En este hospital el consumo promedio anual de diesel y electricidad durante los últimos 7 años fueron respectivamente de 23.36 TJ (645,829 litros) y 7.6 TJ

<sup>4</sup> 1 Dólar (1999) = \$9.46 [SHCP, 2000, [www.Shcp.gob.mx/info/html/mex27.html](http://www.Shcp.gob.mx/info/html/mex27.html)]

(2,014,246 kWh)<sup>5</sup> (véase *tabla A.2 en anexos*), los cuales a precios de diciembre de 1999 sumaron un total de \$396,131 dólares. Esta cantidad representó en 1999 el 1.35% de los gastos totales (29.367 millones de dólares) del HGZ N°1 [IMSS<sub>A</sub>, 1999].

La tesis consta de 5 capítulos. En el capítulo uno, se desarrolla una metodología de uso eficiente y ahorro de energía para hospitales. Este capítulo consta de tres secciones. En la primera sección, se realiza un análisis de los aspectos generales de las diferentes metodologías de uso eficiente y ahorro de energía encontradas en la literatura. En la segunda sección, se tratan los aspectos más específicos de los procedimientos de las etapas de una metodología de uso eficiente y ahorro de energía. Por último, en la tercera sección se construye una metodología de uso eficiente y ahorro de energía para hospitales.

En el capítulo dos se establece la estructura energética del conjunto del IMSS de Aguascalientes. Este capítulo está dividido en cinco secciones. La primera sección presenta la estructura general del consumo energético del conjunto del IMSS de Aguascalientes. En la segunda sección presentamos el perfil del consumo de diesel del conjunto del IMSS de Aguascalientes. En la tercera sección se trata el comportamiento del consumo eléctrico del conjunto del IMSS de Aguascalientes. En la cuarta sección se determina la estructura de los usos finales térmicos del conjunto del IMSS de Aguascalientes. Por último, en la sexta sección se determina la estructura de los usos finales eléctricos del conjunto del IMSS de Aguascalientes.

En el capítulo tres, para determinar el uso eficiente y ahorro de energía térmica aplicamos la técnica de punto de pliegue (Técnica Pinch) al conjunto del IMSS en Aguascalientes. Este capítulo se desarrolla en 6 secciones. En la primera sección explicamos la técnica de punto de pliegue y clasificamos la información requerida por esta técnica. En la segunda sección explicamos la forma de evaluar la información utilizando la técnica de punto de pliegue. En la tercera sección, especificamos los resultados esperados con la aplicación de la técnica de punto de pliegue. En la cuarta sección, presentamos los datos termodinámicos del conjunto del IMSS necesarios para utilizar la técnica de punto de pliegue. En la quinta sección, aplicamos la técnica de punto de pliegue al sistema termodinámico del conjunto del IMSS de Aguascalientes. Por último, en la sexta sección, obtenemos los resultados de la aplicación del método de punto de pliegue al conjunto del IMSS de Aguascalientes.

En el capítulo cuatro, se hace la evaluación técnico – económica de las alternativas de uso eficiente y ahorro de energía en hospitales que consideramos de mayor importancia, a saber: intercambiadores de calor, colectores solares planos, lámparas eficientes y motores eléctricos. Este capítulo está integrado por 5 secciones. En la primera sección, se definen los parámetros utilizados para la evaluación económica. En la segunda sección, hacemos la evaluación técnico económica de la recuperación de calor de desecho. En la tercera sección, evaluamos técnica y económicamente el uso de colectores solares planos (CSP). En la cuarta sección, evaluamos técnica y económicamente el uso de lámparas ahorradoras de energía eléctrica. Por último, en la quinta sección evaluamos técnica y económicamente el

---

<sup>5</sup> Bitácoras de Casa de Máquinas del HGZ No.1 del IMSS en Aguascalientes.

cambio de los motores eléctricos estándar, existentes, por motores eléctricos de alta eficiencia en la instalación del conjunto de IMSS.

Por último, en el capítulo cinco, se obtienen indicadores del consumo energético en el hospital del IMSS en Aguascalientes para evaluar el potencial de UEAEH por medio de métodos estadísticos. Este capítulo consta de 6 secciones. En la primera sección, definimos las diferentes clasificaciones de indicadores de consumo energético. En la segunda sección, presentamos los indicadores de consumo energético para hospitales encontrados en la literatura. En la tercera sección, se determinan diferentes indicadores de consumo energético para el conjunto del IMSS. En la cuarta sección, por medio de la dispersión estadística evaluamos los indicadores de consumo energético obtenidos en la sección anterior. En la quinta sección, comparamos los indicadores de consumo energético obtenidos para el conjunto del IMSS de Aguascalientes y los encontrados para hospitales en las publicaciones internacionales. Por último, en la sexta sección obtenemos potenciales de ahorro energético por medio del análisis estadístico de indicadores pertinentes de consumo energético.

Finalmente, se presentan las conclusiones.

## **BIBLIOGRAFÍA**

BUREAU, 1999, Hospital Energy Index, Iowa Department of Natural Resources, [www.nrggroup.com/hospital1.htm](http://www.nrggroup.com/hospital1.htm).

CADDET, 1997, Saving Energy With Energy Efficiency In Hospitals, Maxi Brochure 05, en página de Internet, [www.caddet-ee.org](http://www.caddet-ee.org), 24 pp.

CMP+L (Centro Mexicano para la Producción Mas Limpia), 1999, Proyecto De Producción Más Limpia Y Gestión Ambiental En Hospitales, Programa Ambiental de Tlalpan, Reporte para el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER), CMP+L, México, 1999.

CMP+L, 07/1999, Programa Ambiental De Tlalpan. Proyecto De Producción Más Limpia Y Gestión Ambiental En Hospitales, Preparado para el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, Julio, 1999, Distrito Federal, 139pp.

Comisión Europea, 1999, Energy Efficiency In Hospitals And Clinics, The demonstration component of the Joule – Thermie Program, European Communities, 28 pp.

CONAE, 1993 Manual De Diagnósticos Energéticos (borrador), Grupo eficiencia industrial, RCG/BCEOM/CADEM/SAINCOMEX, México, 1993, 264pp.

CONAE, 1995, Diagnósticos Energéticos, Secretaría de Energía, CONAE, México, 143pp.

CONAE, 1997, Reporte Ejecutivo, DEN 083, Programa “Cien Edificios Públicos”, México, 8pp.



DOE, 1978, Energy Audit Workbook for Hospitals, National Technical Information Service, USA, 1978. 92 pp.

FIDE, 1994, Proyecto De Ahorro De Energía En El Hospital De La Mujer, Caso: CS-HS-1, FIDE, México, Noviembre/Diciembre 1994, 4 pp.

Getino, R. 1999, Actuación del EREN en la Optimización Energética en Instalaciones Hospitalarias en Castilla y León, 19, en el libro de ponencias de la Jornada Tecnológica de Soluciones para la Disminución de Costes Energéticos en Hospitales, Madrid, 18 de Noviembre, 13 pp.

González J. J., 1999, Sistemas de Iluminación en Centros Hospitalarios. Ideas para la Reducción de Costes Energéticos, Ponencia N°13, Libro de ponencias, Jornada Tecnológica, Soluciones para la Disminución de Costes Energéticos en Hospitales, IDEA, Madrid, 18 de noviembre de 1999.

Hyman W.A., 1998, Energy Conservation Revisited, journal of Clinical Engineering, January/February, pp.49-54.

IEA, 1989, A Guide for Energy Management in Hospitals, Annex 13, Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme, International Energy Agency, Marzo de 1989, 290 pp.

IDAE, 1999, Soluciones para la Disminución de Costes Energéticos en Hospitales, Libro de ponencias, Jornada Tecnológica, IDEA, Madrid, 18 de noviembre de 1999.

IMSS, 1998, Formato De Captura De Presupuestos Y Consumos De Fluidos Y Energéticos De Conservación, IMSS, Diciembre 1998.

IMSSA, 1999, Registros Contables Del HGZ N°1, IMSS, Documentos internos.

IMSS, 1999, Universo de Acción, 708/UNIVAC99, IMSS, México, Septiembre 1999.

Jakélius S., 1996, Learning Experiences With Energy Savings In Hospitals, CADDET, Analyses series 20, 145 pp.

Lockie L., 1999, The Energy Efficient Refurbishment Of Hospitals, Ponencia N° 17, Libro de ponencias, Jornada Tecnológica, Soluciones para la Disminución de Costes Energéticos en Hospitales, IDEA, Madrid, 18 de noviembre de 1999.

Manzini, F. 1999, Mitigación De Gases Contaminantes Mediante El Calentamiento De Agua Con Calentadores Solares En Hospitales De La Ciudad De México, en XXIII semana nacional de energía solar, ANES, Morelia, México, 1999.

Ostroy L. 1981, Energy Conservation In Large Hospitals & Medical Centers, Journal of Clinical Engineering, Abril - Junio, Vol. 6 N°2, pp.125 - 130.

Quadri G., y Sánchez L., 1994, La Ciudad de México y la Contaminación Atmosférica, Limusa, México D.F.

Sánchez A. 1999, El Ahorro Energético En Las Instalaciones De Hospitales – EXPERIENCIAS-, Anexo de la Jornada Tecnológica de Soluciones para la Disminución de Costes Energéticos en Hospitales, Madrid, 18 de Noviembre, 10pp.

Santamouris M., et al. 1994, Energy Performance and Energy Conservation en Health Care Buildings in Hellas, Energy Convers. Mgmt Vol.35, No.4, Elsevier Science Ltd. Great Britain, pp. 293-305.

SE (Secretaría de Energía), 1998, Balance Nacional de Energía, SE, México, p.33, 107pp.

Thumann A., 1983, Handbook Of Energy Audits, The Fairmont Press, Inc., segunda edición, USA 1983, 443 pp.

Thumann A., & Mehta D. P., 1989, Handbook Of Energy Engineering, The Fairmont Press, Inc. USA 1989, 429 pp.

Williams J. M., 1999, Hospital Energy Performance: New Indicators For UK National Health Service Estate, Building Serv Eng. Res. Technol. Vol. 20 N°1, 9 – 12, Great Britain.

## CAPÍTULO 1

# METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DE USO EFICIENTE Y AHORRO DE ENERGÍA EN HOSPITALES.

La evaluación técnico económica del uso eficiente y ahorro de energía en hospitales es un tema que desde los años 70 se cita en Estados Unidos. En 1978 el Departamento de Energía de este país editó un libro de trabajo para estudios energéticos en hospitales [DOE, 1978]. En ese mismo año se autorizó además un programa de conservación<sup>1</sup> de energía para escuelas y hospitales [A. Thumann, 1983, p.9], en donde se reportan aspectos metodológicos para el uso eficiente de energía generales, aplicados en el caso de estudio de un hospital [A.Thumann, 1983, p.293]. El “Center for the Analysis Dissemination of Demonstrated Energy Technologies” (CADDET, por sus siglas en ingles) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, por sus siglas en ingles) ha publicado por su parte una serie de análisis y casos de estudio, donde se esbozan algunos aspectos metodológicos aplicados en hospitales [ S. Jakélius, 1996; CADDET, 1997]. Cabe mencionar que ninguno de los autores mencionados presenta explícitamente una metodología específica para el sector.

En México, el Centro Mexicano para la Producción Más Limpia (CMP+L,1999) a finales del año 1999 realizó un estudio en 4 hospitales de la Delegación Tlalpan de la Ciudad de México, en donde se esbozan aspectos metodológicos. Por otro lado, la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) ha promovido la aplicación de una metodología de uso eficiente y ahorro de energía en hospitales<sup>2</sup>, la cual se ha aplicado principalmente para racionalizar el uso de la energía eléctrica a través de las Unidades de Enlace de Eficiencia Energética (U3E).

Pese a estos ejemplos que acabamos de mencionar hay relativamente poca literatura sobre metodologías para hospitales y abunda mucha información sobre metodologías generales para la evaluación técnico económica de uso eficiente y ahorro de energía enfocadas principalmente a la industria, en consecuencia es importante para el desarrollo de esta tesis, construir con los diferentes aportes metodológicos, encontrados en la literatura, una metodología específica para hospitales. El IMSS tiene un programa que se llama “Programa de ahorro de fluidos y energéticos”, pero no se tuvo acceso al manual correspondiente. Además el Seguro Social publica, en forma interna, los indicadores energéticos para sus diferentes unidades [IMSS, 1996, 1997, 1998, 1999].

El propósito de este capítulo es el de obtener una metodología para llevar a cabo una evaluación técnico económica de uso eficiente y ahorro de energía en hospitales. Para obtener dicha metodología para hospitales se deben responder las siguientes preguntas.

---

<sup>1</sup> En la literatura es común hablar de conservación de energía como sinónimo de ahorro de energía y algunas veces es un poco confuso. Para nosotros es más claro decir uso eficiente de energía y en algunos casos para puntualizar decimos uso eficiente y ahorro de energía.

<sup>2</sup> Información existente en la gerencia de CONAE (U3E) de Aguascalientes.

¿Cuáles son los aspectos a considerar de las metodologías existentes para elaborar una metodología para hospitales? ¿Cómo construir una metodología para hospitales? ¿Qué aspectos generales que se deben tomar en cuenta? ¿Cuáles son los aspectos específicos de una metodología para hospitales?

Para contestar a estas cuestiones, este capítulo se desarrolla en tres secciones. En la primera se realiza un análisis de los aspectos generales de las diferentes metodologías encontradas en la literatura. En la segunda sección se tratan los aspectos más específicos de los procedimientos de las etapas de una metodología. Y en la tercera se construye una metodología específica para hospitales.

## 1 ASPECTOS GENERALES DE UNA METODOLOGÍA.

En esta sección se hace un análisis de los aspectos generales de las metodologías de los siguientes autores: Centro para el Ahorro y Diversificación de la Energía y Minas (CADEM, 1983), Centro de Estudios de la Energía de España (CEE, 1983), A. Thumann (1983), Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDEA, 1989), J.J. Ambriz (1993), CONAE (1993, 1995, 1997, 1998), Ch. Gottschalk (1996), S. Sloss (1997), CADDET (1997), A. Kolesnikov (1998), S. Drabog (1998), DOE (1998), CMP+L (1999) y (OECD, 1999).

Cabe señalar que la CONAE (1993, 1995) tiene dos documentos donde presenta el tema de la metodología. A. Thumann (1983) y S. Drabog (1998) son autores cada uno de un libro específico sobre el tema, mientras que OECD (1999) dedica la primera parte del reporte final de la “International Conferencie on Energy Audits” a la metodología. El resto de los autores mencionados solo le dedican un capítulo o una sección.

J. J. Ambriz (1993) y Ch. Gottschalk (1996) enmarcan la metodología dentro de un panorama general llamado administración y conservación de energía, mientras que CADEM (1983), CEE (1983), IDAE (1989) y CONAE (1997, 1998) dedican un documento a sistemas específicos como, por ejemplo sistemas de generación y distribución de vapor, sistemas de iluminación. S. Sloss (1997) por su parte escribe un documento sobre la forma de elegir el personal que realiza la metodología y A. Kolesnikov (1998) discute sobre como realizar un reporte de una metodología. Por último A. Thumann (1983), CADDET (1997) y CMP+L (1999) discuten aspectos metodológicos para hospitales y reportan casos de estudio.

### 1.1 TIPOS DE METODOLOGÍA.

Los autores de la tabla 1.1 distinguen diferentes tipos de metodologías, definiéndolas por el aspecto técnico considerado, por el nivel de detalle o la forma de análisis. Algunos definen las metodologías de dos tipos y otros de tres. Consideramos que la metodología definida a tres niveles es la más adecuada, ya que, se presentan las opciones de hacer un trabajo preliminar, intermedio o profundo, de acuerdo a los objetivos, recursos, tiempo, tamaño de la instalación, etc. Por lo anterior adoptamos las metodologías que están definidas en tres niveles: preliminar o de inspección, intermedia o general y detallada.

*Tabla 1.1 Los diferentes tipos de metodología según propuesta de cada autor*

AUTOR	TIPOS DE METODOLOGÍAS SEGÚN AUTOR
CEE <sub>a</sub> (1983)	1. CONTABLE. 2. TÉCNICA.
CONAE (1993)	1. NIVEL 1 (DEN1) 2. NIVEL 2 (DEN2)
OECD (1999)	1. MODELOS EXPLORATIVOS. 2. MODELOS DE ANÁLISIS
CADEM (1983)	1. DE GESTIÓN. 2. SUBJETIVA. 3. POR PROCESOS
A. Thumann (1983)	1. PRELIMINAR O DE INFORMACIÓN 2. ENERGÉTICA 3. TÉCNICA
J.J. Ambriz (1993)	1. NIVEL A o DE INSPECCIÓN 2. NIVEL B o MACRODIAGNÓSTICO. 3. NIVEL C o MICRODIAGNÓSTICO.
Ch. Gottschalk (1996)	1. PRIMARIA O PRELIMINAR 2. DETALLADA 3. RECORRIDO POR LA PLANTA O MINI-AUDITORIA.
S. Sloss (1997)	1. PRELIMINAR 2. DE SIMPLE PROPOSITO 3. DE COMPRENSIÓN.

### 1.1.1 Preliminar o de inspección.

CADEM (1983, p.561), A. Thumann (1983, p.10), Ch. Gottschalk (1996, p.15), M. Sloss (1997, p.3) y la OECD (1999, p.29) coinciden que una metodología del primer tipo es la relacionada con la realización de un trabajo preliminar o de inspección y podemos describirlo como lo hace J. J. Ambriz (1993, p.132), en donde se integran todas las otras ideas y definiciones. *“...se lleva a cabo mediante un examen visual del proceso industrial que se trate, reconociéndolo y revisando el diseño original, para dar una idea cualitativa de los ahorros potenciales, obvios, de energía, se pueden lograr por medio de procedimientos de mantenimiento y operación.”* y produce estimación gruesa de ahorros potenciales [OECD, 1999, p.29].

Los objetivos principales son: Obtención de las medidas obvias de ahorro de energía y la determinación de la necesidad de realizar proyectos más completos para implementar un programa de uso eficiente y ahorro de energía en la planta.

### 1.1.2 Intermedia o general.

Haciendo una síntesis de la descripción hecha por los cinco autores de la tabla 1.1 citados, una metodología de segundo tipo está definida para un nivel intermedio o general se puede describir como *un análisis técnico de los componentes y datos de los principales procesos de operación para detectar los mayores desperdicios energéticos obteniendo los balances*

**energéticos, las eficiencias y la valoración de los recursos para implementar medidas de conservación de energía** [A. Thumann, 1983, p.14; J. J. Ambriz, 1993, p.132; CONAE, 1995, p.33; M. Sloss, 1998, p.4; OECD, 1999, p.32].

Una metodología de tipo intermedio tiene los siguientes objetivos: Identificar las oportunidades de ahorro mediante cambios en los procedimientos de mantenimiento y operación [A. Thumann, 1983, p.14; CONAE, 1993, p.22], obtener la información específica sobre el empleo de la energía en los principales procesos productivos y facilitar un método de control energético [A. Thumann, 1983, p.14], determinar los ahorros energéticos y las inversiones necesarias para el uso eficiente y ahorro de energía y facilitar un método de control energético en la planta [CEE<sub>c</sub>, 1983, p.421].

### 1.1.3 Detallada.

Tomando ideas de los cinco últimos autores de la tabla 1.1 podemos decir que una metodología de tercer tipo es **un trabajo mucho mas detallado y específico que se obtiene mediante un método ordenado y que proporciona un análisis completo, preciso y comprensible de todos y cada uno de los puntos relevantes de los procesos, identificando situaciones de desecho energético, estimando el ahorro de energía y sus costos, incluyendo alternativas de energía solar y otras energías renovables** [CADEM, 1983, p.562; A. Thumann, 1983, p.17; J. J. Ambriz, 1993, p.132; Ch. Gottschalk, 1996, p.15; M. Sloss, 1997, p.5].

Una metodología de este tipo pretende los siguientes objetivos: recopilación de información de productividad y su relación con los consumos específicos; evaluación, durante el periodo, del comportamiento y la eficiencia de equipos y sistemas que consumen energía en mayor proporción o cuya capacidad es alta en relación con los demás; evaluación del comportamiento de los sistemas y equipos de las unidades productivas, considerando diferentes condiciones de producción; determinación de los consumos energéticos por unidad de producción [CONAE, 1995, p.80]; identificación y cuantificación de medidas técnicas y administrativas rentables para el ahorro de energía y la generación de los proyectos que permitan implementarlas [CONAE, 1993, p.3.1]; y la determinación de un programa de conservación de energía donde se incluyan aspectos de fuentes renovables de energía [Ch. Gottschalk, 1996, p.24].

Aunque aspiramos en esta sección a elaborar una metodología profunda, por las diferentes restricciones que tenemos y por el propósito de esta tesis, la aplicación que haremos corresponderá a una metodología intermedia.

## 1.2 LAS ETAPAS DE UNA METODOLOGÍA.

La *tabla 1.2* muestra las diferentes etapas de una metodología según autor. El conjunto de autores de la *tabla 1.2* que consideran que las etapas de una metodología es un aspecto de gran importancia para su aplicación. Basándonos en las etapas planteadas por cada uno de ellos, consideramos que una metodología general tiene las 5 etapas siguientes: planeación y organización, obtención de la información, procesamiento de datos, evaluación técnico

económica y un reporte final de resultados. Los autores mencionados especifican por lo menos 4 de las etapas que estamos proponiendo, podemos notar, que si no las nombran de la misma forma si expresan su contenido.

La cuarta etapa que proponemos, para IDAE<sub>a</sub> (1989) es muy importante, ya que la desglosa en dos, y para CMP+L (1999) una de sus fases entra dentro de los contenidos de la etapa que planteamos. Consideramos que es una etapa que tiene un peso importante en toda metodología y en particular en la presente tesis.

En la *tabla 1.2* se presentan las etapas que plantean algunos autores.

*Tabla 1.2 Las etapas de una metodología según autor.*

J.J. Ambriz (1993)	A. Thumann (1989)	IDAE <sub>a</sub> (1989), IDAE <sub>b</sub> (1989)	CMP+L (1999) (fases)	S. Drabog (1998)	OECD (1999)
1° Definición del proyecto de diagnóstico a realizar. 2° Obtención de los datos necesarios para la obtención del diagnóstico. 3° Se efectúan los balances de materia, de energía y de exergía, se calculan la eficiencias energéticas y los rendimientos exergéticos. 4° Se turnan los resultados al departamento correspondiente.	1. Inventario energético. 2. Ingeniería. 3. Base de datos. 4. Análisis de datos. 5. Reporte final.	1. Recopilación de información. 2. Análisis de la demanda energética. 3. Análisis de la explotación. 4. Propuesta de ahorro energético. 5. Valoración económica de las propuestas. 6. Análisis económico. -Rentabilidad y periodo de recuperación	1°. Planeación y organización. 2°. Pre-evaluación. 3°. Evaluación. 4°. Estudios de factibilidad. 5°. Implementación y continuidad. 6°. Seguimiento.	1. Planeación. 2. Mapas de consumo energético. 3. Mediciones. 4. Análisis energético. 5. Cálculos. 6. Dirección energética. 7. Reporte.	1° Establecer acuerdos. 2° Recolección de datos. 3° Trabajo en el lugar. 4° Análisis de datos obtenidos. 5° Reporte.

### 1.2.1 Planeación y Organización.

Según S. Drabog (1998 p.2) la primera etapa de una metodología es la planeación a la cual se le puede agregar la organización [CMP+L, 1999], mientras que para J. J. Ambriz (1993, p.133) la primera etapa es la definición del proyecto a realizar. Para OECD (1999, p.21) en la primera etapa se establecen los acuerdos y compromisos con el cuerpo directivo. CONAE (1993, p.1.6) propone como primer paso de un "DEN 1" planear los recursos y el tiempo, y el primer paso de un "DEN 2" es planificar el diagnóstico. Para Ch. Gottschalk (1996, p. 24) los 3 primeros pasos de una "PANT SURVEYS OR MINI-AUDIT" son elementos de planeación.

Al plantear la planeación y organización como la primera etapa de una metodología, como lo hace CMP+L (1999), proponemos que el éxito de un trabajo, en concreto de la aplicación de una metodología depende inicialmente de una buena planeación y organización.

En esta etapa se define el lugar, el edificio o sistema que se desea analizar, los alcances, las expectativas del equipo directivo, la conformación del equipo de trabajo y la forma como se requiere la información. El objetivo principal de esta etapa es el asegurar que el equipo de trabajo se encuentre bien preparado y organizado para poder tener el aprovechamiento máximo del tiempo que se invierte en la determinación del uso eficiente y ahorro de energía en la empresa [CONAE, 1993, p.3.5].

### 1.2.2 Obtención de información

Consideramos que una de las etapas de una metodología es la obtención de la información, como lo especifican los autores de la tabla 1.2. y decimos que es la segunda etapa, lo cual coincide con la propuesta de J. J. Ambriz (1993, p.133), OECD (1999, p.21) y S. Drabog (1998, p.20). De la misma manera CONAE (1993, p.1.6) en cada tipo de metodología toma como 2° paso la recolección de datos.

Para A. Thumann (1983, p.299) esta fase es la mayor y más importante. Por lo tanto, el objetivo de esta etapa es recopilar y registrar los datos necesarios de manera adecuada para su procesamiento y presentación [J. J. Ambriz, 1993, p. 134].

En esta etapa se considera necesario que los altos directivos deben de garantizar que el equipo de trabajo tenga acceso a la información y se comprometa a hacer un uso adecuado de la misma [CONAE, 1997, p.10]. Se recomienda además que el cuerpo directivo pida a todos los departamentos o secciones entregar la información solicitada y dar las facilidades necesarias para la obtención de los datos requeridos por el equipo ejecutor.

Para recopilar los datos de la instalación CONAE (1993, p.2.8) sugiere la utilización de diferentes instrumentos como son: entrevistas, formularios y formatos, recorridos de inspección por la instalación y mediciones.

“Para hacer un análisis detallado de la operación de equipo y uso de los energéticos en la planta (instalación), el auditor necesita instrumentos que puedan medir lo siguiente: temperatura, flujo (de líquidos y gases), presión, composiciones químicas de los gases de combustión, electricidad (corriente, tensión, potencia y factor de potencia), niveles de iluminación, análisis (de parámetros químicos) de aguas” [CONAE, 1993, anexo C, p.1]; para cada una de las variables mencionadas anteriormente hay una gama importante de equipos en el mercado y sus costos varían dependiendo de los rangos de operación, parámetros y el grado de sofisticación [CONAE, 1997, p.33; J. J. Ambriz, p.159, A. Thumann, cap. 3; Ch. Gottschalk, 1996, p.55; CADEM, 1983, p. 412; IDAE, 1983, cap.7; DOE, 1998, p.2.25].

Por último “El nivel de instrumentación depende en cada caso, de una serie de factores, tales como la naturaleza del proceso, consumo de energía y potencial de energía recuperable” [J.J. Ambriz, 1993, p.145].



### 1.2.3 Procesamiento de datos.

En esta etapa el proyecto empieza a tomar forma ya que se va ordenando los datos obtenidos en la etapa anterior. Es el momento en que se inicia la interpretación de los datos. Es donde el flujo de energía y los balances energéticos se vuelven más claros. Se desarrollan diagramas de operación y se establecen los diagramas de flujo de materia (masa), de energía y de exergía y se calcula la eficiencia energética de los equipos y sistemas de la planta utilizando los principios de las leyes de la termodinámica [J. J. Ambriz. 1993, p.135; DOE, 1998, P.2.18].

Como mencionamos en el párrafo anterior, ya que se han obtenidos los datos hay que ordenarlos, analizarlos e interpretarlos, por lo que decidimos que la siguiente etapa es el procesamiento de datos. Los autores de la tabla 1.2 coinciden en que hay que analizar los datos y hacer una interpretación de los mismos. A. Thumann (1989, p.294), S. Drabog (1998 p.2) y OECD (1999, p.2) consideran el análisis de datos como la siguiente etapa de la metodología. CONAE (1993, p.1.6) y Ch Gottschalk (1996, p.24) coinciden en que el tema es parte importante en la aplicación de una metodología. El objetivo principal de esta etapa es entender cómo está la situación energética en la instalación y qué podemos hacer par mejorarla.

En esta etapa, una vez que los datos han sido reunidos, resulta pertinente que éstos se analicen siguiendo los pasos que propone la metodología de la CONAE, (1993, p.2.17 y 1995, p.66)

- a) Desarrollo de una base de datos de consumos de energía y de producción de la instalación.
- b) Calculo de los costos de los energéticos.
- c) Elaboración de balances energéticos.
- d) Preparación de índices de consumo de energía.
- e) Evaluación de la operación de la planta.
- f) Determinación de los diferentes potenciales de uso eficiente y ahorro de energía.

### 1.2.4 Evaluación técnico económica.

La cuarta fase es la evaluación técnico económica. Los autores de la tabla 1.2 no la nombran así, sin embargo, haciendo un análisis más detallado nos encontramos con que tocan diferentes aspectos que consideramos contenidos en esta etapa. Deducimos que para IDEA (a, 1989, p.117 y b, 1989, p.147) es de gran relevancia, puesto que en sus etapas 4ª Y 5ª propone aspectos relacionados con una evaluación económica. De la misma forma CMP+L (1999) aborda el tema del estudio de factibilidad en la 4ª fase. Por su parte J.J. Ambriz (1993, p. 138) sugiere la evaluación de rentabilidad y la evaluación económica en los pasos 9 y 11 de una metodología de "Nivel A" y A. Thumann (1983, p. 299) la considera como parte del análisis de los datos.

La evaluación técnico económica responde a las preguntas ¿Es viable y rentable la medida propuesta? ¿cuánta energía y cuántos recursos económicos se puede ahorrar con esta medida? ¿Cuáles son los costos de su implementación? ¿cuál será el periodo de retorno de

dicha inversión? ¿En cuánto se reduce o se incrementa los costos asociados al mantenimiento? [A. Thumann, 1983, p.299].

Una vez que se ha obtenido un número de medidas potenciales de ahorro y uso eficiente de energía, se procede a su evaluación técnico económica para determinar si la medida a proponer se puede implementar en el lugar con sus condiciones y circunstancias de trabajo y operación en la planta [A. Thumann, A. 1983, p.300].

Con la evaluación técnico económica se obtienen dos elementos importantes: la viabilidad técnica y la rentabilidad económica. Si estas dos condiciones se cumplen la medida se puede proponer como factible.

### 1.2.5 Reporte de resultados.

A. Thumann (1989, 294), J. J. Ambriz (1993, p.133), S. Drabog (1998, p.2) y OECD (1999, p.21) coinciden que los resultados se han de reportar por escrito. El reporte de los resultados es la última etapa de una metodología [CONAE, 1993, p.3.5; Ch. Gottschalk, 1996 p.24].

En esta etapa se presentan los resultados de todo el trabajo realizado por el equipo ejecutor. De la forma de presentación depende el impacto ante el equipo directivo. Por lo tanto debe ser breve, claro, completo y comprensible.

Por último un reporte debe contener como mínimo: un resumen, los resultados y los anexos necesarios.

## 1.3 DEFINICION DE LA METODOLOGÍA.

Hay muchas coincidencias en los diferentes autores respecto a la definición de una metodología. Con elementos tomados principalmente de A. Thumann (1983, p.41), J. J. Ambriz (1993, p.131), CONAE (1995, p.32), CADDET (1997, p.10) y R. Banerjee (1997, p.13) podemos definir una metodología<sup>3</sup> de uso eficiente y ahorro de energía como *una herramienta que permite determinar cuánto, cómo, dónde y porqué se utiliza la energía e identificar el potencial de ahorros económicos, energéticos y ambientales de una instalación*<sup>4</sup>.

## 1.4 OBJETIVOS.

De acuerdo a la definición anterior y procediendo a una agrupación de los objetivos específicos que provienen de los aportes metodológicos de los diferentes autores que se consultaron en este capítulo, podemos establecer para una metodología los tres objetivos generales siguientes:

---

<sup>3</sup> En lo sucesivo para referirme a la metodología de uso eficiente y ahorro de energía se utilizará solamente el término metodología. Y cuando se refiera a la metodología de evaluación técnico económica de uso eficiente y ahorro de energía en hospitales utilizamos la expresión metodología para hospitales.

<sup>4</sup> Resaltamos con negrilla y letra cursiva las definiciones de los conceptos más importantes.

- A) Determinar cuánto, cómo, dónde y porqué se utiliza la energía en una instalación.
- B) Identificación y evaluación técnico económica de las oportunidades de uso eficiente y ahorro de energía.
- C) Identificación y evaluación técnico económica del uso de energías renovables y tecnologías alternativas.

El primer objetivo general, *Determinar cuánto, cómo, dónde y porqué se utiliza la energía en una instalación*, se desglosa agrupando los objetivos que proponen los diferentes autores, CADEM (1983), CEE (1983), CONAE (1995), Ch. Gottschalk (1996), S. Drabog (1998), y OECD (1999) en los siguientes objetivos más concretos.

- a) Identificación de las cantidades consumidas de los diferentes tipos de energía y su relación con algunos parámetros de una instalación. [CEE<sub>a</sub>, 1983, p.129]. Por ejemplo, identificar la cantidad de energía eléctrica consumida en el hospital No. 1 de Aguascalientes y compararlo con el consumo de energía eléctrica de hospitales similares.
- b) Aprovechamiento al máximo de la capacidad de producción instalada [CONAE, 1995, p.29].
- c) Uso eficiente de la calidad (nivel de temperatura y presión) de la energía disponible [CEE<sub>c</sub>, 1983, p.409].
- d) Determinación de las formas y usos actuales de energía [Ch. Gottschalk, 1996, p.14 ; CADDET, 1997, p.4].
- e) Análisis de los consumos y costos históricos de la energía [Ch. Gottschalk, 1996, p.14; CADEM, 1983, p.129].
- f) Identificación de los factores que determinan el consumo de energía [OECD, 1999, p.7] y determinación de los consumos específicos [CEE<sub>c</sub>, 1983, p.409; CONAE, 1995, p.29; Ch. Gottschalk, 1996, p.14].
- g) Determinación de la cantidad de energía que se usa con relación al presupuesto o a otros valores designados [CADDET, 1997, p. 10].

De la misma forma el segundo objetivo general, *Identificación y evaluación técnico económica de las oportunidades de conservación de energía*, se desglosa en los objetivos específicos siguientes:

- a) Identificación de las áreas potenciales donde puede haber desperdicios de energía o se usa de forma ineficiente [CADEM, 1983, p.560; Ch. Gottschalk, 1996, p.14; DOE, 1998, p.2.9] y estimación de la cantidad de pérdidas [S. Drabog, 1998, p.3; DOE, 1998, p.2.4].
- b) Desarrollo de las posibles medidas para reducir el consumo de energía [Ch. Gottschalk, 1996, p.14].
- c) Suministro de información técnico económica suficiente sobre los potenciales de ahorro [J.J. Ambriz, 1993, p.138].
- d) Obtención inmediata de los ahorros que no requieren inversión apreciable [CEE<sub>c</sub>, 1983, p.409].
- e) El logro de los ahorros posibles con inversiones rentables [CEE<sub>c</sub>, 1983, p.409].

El tercer objetivo, *Identificación y evaluación técnico económica del uso de energías renovables y tecnologías alternativas*, se concretiza en los objetivos específicos siguientes:

- a) Evaluación técnico económica del uso de la energía solar.
- b) Evaluación técnico económica del uso de la energía eólica.
- c) Evaluación del uso de equipos de cogeneración de calor electricidad.
- d) Evaluación del uso de recuperadores y bombas de calor.

## 2 PROCEDIMIENTO EN LAS ETAPAS DE UNA METODOLOGÍA.

Aunque una metodología es un proceso complejo esta puede ser ejecutada adecuadamente cuando se realiza de una manera secuencial [J.J. Ambriz, 1993, p.145]. Por tal motivo en este trabajo consideramos que para realizar una metodología es necesario una secuencia y un orden. Retomaremos entonces las etapas mencionadas de una metodología y presentaremos los procedimientos en cada una de ellas.

### 2.1 PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN.

Los elementos de procedimiento de esta fase son: Detección del problema, organización y acuerdos, programación, presupuestación y calendarización.

#### a) Detección del problema.

Detectar el problema en sí, es la necesidad de conocer como se usa la energía en la instalación. Esto debido a dos razones, la primera por tener un programa de uso eficiente y ahorro de energía, o la segunda porque se quiere implementarlo.

#### b) Organización y acuerdos.

En la organización y acuerdos se define, por ejemplo, el tiempo de duración [CONAE, 1993, p.2.6; Ch. Gottschalk, 1996, p.24], los alcances esperados [J.J. Ambriz, p.133], los apoyos que se darán al equipo de trabajo y los mecanismos para conseguir los apoyos necesarios. En esta etapa se especifica también la persona que se encargará de representar legalmente a la empresa, las actividades de apoyo que el cuerpo directivo aportará durante la ejecución de la metodología y su compromiso ante los resultados.

Para definir quien realizará la metodología, la literatura habla de tres formas de integración del equipo.

La primera propuesta es formar el equipo con personal de la instalación. “En muchos casos, se puede organizar el mismo personal de la planta (instalación) para hacer el diagnóstico. Los técnicos de la planta, aprovechando su conocimiento de la misma, están en buenas condiciones para adelantar el diagnóstico” [CONAE, 1993, p.2.3]. Sin embargo, muchas veces, hay dificultades entre los diferentes departamentos y no es posible conseguir los datos técnicos y económicos de las diferentes secciones de la planta o no se les da una lectura objetiva de estos datos.

La segunda alternativa para la integración del equipo de trabajo es contratar a personal experto en la materia ajeno a la instalación, con las siguientes ventajas: se tiene mayor objetividad, no se requiere cambios de estructura o incremento de carga de trabajo de la planta laboral, se le paga con lo ahorro obtenidos, y por último por ser este equipo de trabajo especialista en la materia garantiza mayor éxito. Sin embargo, se dificulta deslindar la responsabilidad al no cumplirse los objetivos, y no siempre se logra el apoyo de las áreas involucradas en el proyecto para el equipo ejecutor [CONAE, 993, p.2.3; CONAE, 1995, p.24].

La tercera alternativa es la de conformar el equipo de trabajo haciendo una síntesis de las dos opciones. Este equipo de trabajo se constituye con personal de la instalación y con personal especialista ajeno a la planta. La principal ventaja es el complemento de experiencias, ya que el personal de la instalación, conoce el funcionamiento interno y el personal especialista apoya con su experiencia profesional. Con esta estructura se incrementa la dificultad de deslindar responsabilidades cuando no se cumplen los objetivos.

#### c) Programación.

Ya definido el equipo de trabajo se realiza un programa de trabajo con objetivos, metas, estrategias y políticas. Es la parte central de esta etapa y su eficiencia dependerá de lo claro y certero del programa y de los resultados obtenidos.

Algunas consideraciones para establecer la programación son: que las metas sean apropiadas y se puedan medir, deben de presentar mejoras ambientales y económicas significativas. Además en el corto plazo las metas deben ser realistas y para el largo plazo deben de ser retadoras [CMP+L, 1999, Actividad 3].

#### d) Presupuestación.

Para la realización de todo trabajo es importante contar con los recursos económicos suficientes para su ejecución. El costo de los trabajos de la aplicación de una metodología se puede fijar por diferentes métodos. OECD (1999, p.35) propone tres métodos. Uno, que el costo sea de acuerdo al tiempo fijado, dos, que se estime un tope máximo, y tres, que sea una combinación de las dos primeras opciones.

#### e) Calendarización.

El tiempo y los recursos están íntimamente ligados, como se ha mencionado arriba, ya que, para hacer una calendarización necesitamos saber la disponibilidad de recursos económicos, técnicos y humanos, además para estimar los costos necesitamos calcular cuánto durará la tarea. Uno de los elementos importantes para definir el calendario es la definición del tipo de metodología que se aplicará [CONAE, 1993] puesto que para la aplicación de una metodología preliminar se puede requerir una o dos semana, dependiendo el tamaño de la institución, una intermedia se llevará de cinco a seis y una profunda requerirá entre 3 y 6 meses.

## 2.2 OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Hay dos fuentes de información en toda instalación. Una es la que proviene de registros y documentos de procesos y otra es la que proviene de la información de la instalación en éste momento (situación actual). Es conveniente iniciar obteniendo la información estadística y documental, porque arroja datos que se complementan con la información de la forma en como se está comportando la instalación en el presente. Por ejemplo, en la primera parte se revisan diagramas de procesos y en la segunda parte se obtienen los datos necesarios para los balances de masa y energía de dichos procesos.

### a) Información estadística y documental.

Primeramente se revisa la información estadística y documental disponible sobre la instalación: planos diagramas, historial de consumos y costos energéticos y de producción, diagramas de procesos, diagramas de los sistemas.

Para recopilar los datos de la instalación se pueden utilizar diferentes instrumentos como son: entrevistas, formularios y formatos, recorridos de inspección por la planta [CONAE, 1993, p.2.8]. Las entrevistas son instrumentos que se pueden utilizar para obtener o complementar la información de equipos, sistemas, actividades realizadas y procesos de la instalación. Los formatos o formularios ayudan a programar los datos a obtener y hacer una recolección completa de la información requerida.

Otras informaciones por obtener son: tipos de tarifas eléctricas, tipos de controles para monitorear los consumos energéticos y de producción utilizados, responsable de los departamentos, responsables de los reportes energéticos y de producción, tipos de registros y formatos para obtener los datos, y por último, inspecciones rutinarias que se realizan.

### b) Información actual.

La información actual de la instalación puede empezar por una descripción general del inmueble, tamaño, edad, características de construcción, orientación, estructura administrativa, departamentos, sistemas y procesos de mayor consumo de energía, líneas conductoras de energía, oficinas generales de apoyo administrativo, talleres de apoyo a la producción, líneas de producción y productos principales, horarios típicos de la planta, etc. [A. Thumann, 1983, p.10; CONAE, 1993, p.2.6; J.J. Ambriz, 1993, p.141; Ch. Gottschalk, 1996, p.14].

Es importante hacer un primer recorrido de inspección para detectar las pérdidas más obvias como son: fugas de todo tipo, superficies calientes, equipos que trabajan sin necesidad y desperdicio de energía por mala operación de equipos y sistemas energéticos [Ch. Gottschalk, 1996, p.15]. Conocer además los flujos de materia y energía, sistemas y equipos de mayor consumo, instrumentación instalada [CONAE, 1993, p.2.8], descubrir la forma de uso de la energía, identificar los desperdicios [Ch. Gottschalk, 1996, p.24)].

Es necesario percatarse también de los datos necesarios para el estudio y que aún no se tienen. Toda esta información determina las mediciones que se han de realizar y el equipo o instrumental que se va a requerir.

Otros aspectos a tener en cuenta son: el lugar, horario y periodo durante el cual se van a hacer las mediciones, esto con la finalidad de obtener datos confiables y representativos<sup>5</sup> del equipo o sistema por analizar. Si los datos no son confiables es necesario repetir las mediciones las veces que sea necesario y si estos no son representativos y hay variaciones, hemos de escuchar a S. Drabog (1998, p.6) cuando menciona que “cuando el consumo de energía cambia significativamente las mediciones deben de ser continuas”, pero cuando los datos son representativos y constantes el autor mencionado propone que “el consumo total de energía (calor y potencia), normalmente puede ser medido durante una semana”

Respecto a los equipos y sistemas de medición J.J. Ambriz (1993, p.145) recomienda que “es necesario contar con equipo portátil, preferentemente no invasivo<sup>6</sup>, para obtener la eficiencia requerida con suficiente facilidad, precisión y claridad; además de que se pueden efectuar mediciones en diferentes puntos del diagrama de flujo y en distintos procesos y equipos”

Una vez, que se han conseguido los datos necesarios y suficientes para la aplicación de una metodología, se está en condiciones para ordenarlos, analizarlos e interpretarlos. Como lo menciona J. Reynales (1996, p.451) “habitualmente se le ha dado mucha importancia al dato, sin embargo, es más importante hacer énfasis en el análisis de la información”

## 2.3 PROCESAMIENTO DE DATOS.

Por procesamiento de datos entendemos “*las diferentes acciones que cumplen los recursos y que producen información, la cual se procesa, se analiza y produce resultados; éstos a través de unos procedimientos definidos (técnicas, métodos estadísticos, etc.)*” [J. Reynales, 1996, p.452]. Para lograr lo anterior se pueden ver las tareas de procesamiento de datos en los pasos mencionados en la subsección 1.2.3 de este capítulo.

### 2.3.1 La Base de Datos.

En una base de datos se incluyen los siguientes aspectos del procesamiento de datos: Consumos y costos históricos de todos los tipos de energéticos utilizados durante el periodo más largo posible [J.J. Ambriz, 1993, p.138; CONAE, 95, p.67; CONAE, 97, p.10], volúmenes de producción y cualquier información relacionada para el mismo periodo de la energía utilizada, diagramas de flujo de procesos, inventario de los principales equipos consumidores de energía. [A. Thumann, 1983, p.294; CONAE, 1993, p.2.18; CONAE, 95, p.68; Ch. Gottschalk, 1996, p.5], medidas realizadas y logros históricos obtenidos.

<sup>5</sup> Es decir dato que refleja las condiciones normales de operación de la empresa, tanto en los consumos energéticos como en la producción.

<sup>6</sup> Un equipo de medición es invasivo cuando se tiene que integrar a la instalación o al sistema. Por ejemplo un medidor de flujo ultrasónico y un amperímetro de gancho no son invasivos, mientras que un rotámetro si lo es.

### 2.3.2 Cálculos de los Costos de los Energéticos.

Determinación de las cantidades relativas de los diferentes energéticos usados y su costo durante el período de la medición. Tal análisis indica el valor relativo de los posibles ahorros de cada tipo de combustible y también indica qué tipo de combustible constituye la fuente principal de energía. Posteriormente, se realiza el análisis de las tarifas existentes bajo las cuales se adquiere cada tipo de combustible y la energía eléctrica, para contar así con las bases de los cálculos para determinar los ahorros económicos [CONAE, 1993, p.2.19; CONAE, 95, p.69].

Estos análisis llevan a los cálculos de costos de los diferentes flujos energéticos, como por ejemplo, el costo de vapor generado en la planta.

### 2.3.3 Elaboración de Balances Energéticos.

Como un siguiente paso del procesamiento de datos recopilados es la elaboración de los balances energéticos. Los balances energéticos consisten, de acuerdo con CEE<sub>b</sub>, (1983, p.101) y J.J. Ambriz, (1993, p.146), en una contabilización de los consumos energéticos de sistemas y equipos a lo largo del tiempo. Para llevar a cabo esto es necesario hacer un balance de materia y energía que permita conocer las pérdidas, rendimientos y consumos energéticos específicos [CEE<sub>c</sub>, 1983, p.427]. Los balances de masa y energía permiten validar los datos recopilados, y su elaboración ayuda a identificar datos faltantes o inconsistentes [CADEM, 1983, p. 563; CONAE, 1993, p.2.20; J.J. Ambriz, 1993, p.135; CONAE, 95, p.69; Ch. Gottschalk, 1996, p.15].

### 2.3.4 Indicador de Consumo de Energía.

El indicador lo podemos definir como: *la energía consumida por una unidad de producto o servicio realizado*. Algunos autores le denominan consumos específicos [CEE<sub>c</sub>, 1983, p.421; J.J. Ambriz, 1993, p.133; CONAE<sub>a</sub>, 1998, p.25]. Los indicadores energéticos se usan para determinar la eficiencia energética de las operaciones que se llevan a cabo, y el potencial de ahorro de energía [J.J. Ambriz, 1993, p.140; CONAE, 1995, p.73; Ch. Gottschalk, 1996, p.7; CONAE<sub>a</sub>, 1998, p.26] cuando se comparan con instalaciones similares [IDAE<sub>c</sub>, 1983, p.428; A. Thumann, 1983, p.30; Ch. Gottschalk, 1996, p.7]. Pero son más valiosos cuando a través de ellos se efectúa el seguimiento de la eficiencia de la misma instalación a través el tiempo y bajo condiciones concretas [CONAE, 1993, p.2.20; J.J. Ambriz, 1993, p.135]. Por último, los indicadores permiten conocer defectos del proceso y de la utilización de la energía [CADEM, 1983, p.558].

Algunos índices energéticos globales de una instalación son: consumo específico de producción global (kJ/kg de producto) [CONAE, 1993, p.2.20; CONAE, 1995, p.73; CONAE<sub>a</sub>, 1998, p.25; A. Thumann, 1983, p.16], consumo específico de producción de vapor (kg combustible/tonelada de vapor) [CADEM, 1983, p.558], demanda específica, consumo de energía por área (índice de uso de energía) [A. Thumann, 1983, p.16], y costo específico del consumo energético para producir vapor o costo específico de vapor (\$/kg de vapor generado) [CONAE, 1993, p.2.20].



Al inicio, deben calcularse los indicadores en base a datos promedios mensuales y anuales de la planta recopilados durante la aplicación de la metodología, sin embargo, para un análisis mas preciso el valor de los índices energéticos deben efectuarse, por turno, por unidad de producción, y por producto y subproducto [CONAE, 1993, p.2.21].

### 2.3.5 Operación de la Instalación.

Se procesa información sobre la operación de las instalaciones y los procesos de fabricación de los distintos productos. Los índices de consumo energético relacionados con la producción indican cómo varía el uso de la energía en el período de referencia. Cuando estos índices se desvían del valor medio, o se encuentran arriba de los valores estándares para el tipo de proceso, puede haber oportunidades de mejoras en la eficiencia energética [CONAE, 1993, p.2.21].

Algunos de los signos de una mala operación en planta son obvios - por ejemplo, equipo en mal funcionamiento, instrumentación y controles en mal estado por falta de reparaciones, materiales de desperdicio regados por la instalación, lamparas dañadas y equipo operando innecesariamente. Sin embargo, aún cuando las oportunidades puedan ser identificadas, hay algunos factores que dificultan implantar medidas rápidas orientadas a la mejora de las operaciones, tales como: la falta de capital, falta de mantenimiento preventivo adecuado, corrección de procedimientos operacionales y administrativos no establecidos, y falta de interés por parte de la administración y de los empleados [CONAE, 1993, p.2.21]. El potencial de ahorro más importante provendrá haciendo que la instalación funcione de manera eficiente, lo que en la mayor parte de los casos implicará hacer modificaciones en procesos, sistemas y/o equipos.

### 2.3.6 Potenciales de ahorro.

Como una consecuencia de los pasos anteriores, se identifican las áreas, equipos y sistemas donde se detecta posibilidad de mejora y se hace una lista de las acciones potenciales de ahorro de energía [J.J. Ambriz, 1993, p.172; CONAE, 1997, p.106]. Es importante desde este momento jerarquizar las acciones por medio de un criterio. La forma más común es clasificarlas por el costo de la inversión, sin embargo, más adelante veremos que hay otros criterios igualmente importantes [CONAE, 1993, p.3.12; Ch. Gottschalk, 1996, p.40; CONAE, 1997, p.105].

En esta etapa del procesamiento de datos hay que notar la necesidad de contar una herramienta que facilite el procesamiento de los datos obtenidos, tema que no se encuentra explícito en la literatura citada. Por ejemplo la Tecnología de Punto de Pliegue, o los procedimientos estadísticos y computacionales.

## 2.4 EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA.

Con la evaluación técnico - económica se pretende evaluar la viabilidad técnica y la rentabilidad económica.

### a) Viabilidad Técnica.

Con el resultado del análisis de la viabilidad técnica de una medida, se obtiene la información sobre la posibilidad de su aplicar en algún lugar una medida de ahorro, las condiciones técnicas para desarrollarla y los ahorros de energía que se lograrán.

Hay alternativas de cambio tecnológico que se plantean y que teóricamente son factibles para determinada aplicación, pero que no siempre se pueden realizar debido a restricciones de tipo local, por ejemplo, que no se encuentran los insumos y refacciones que se requieran en el mercado, o porque no hay personal técnico capacitado para su mantenimiento y operación. En estos casos se puede concluir que dicha opción no es viable a pesar de su elevado potencial de ahorro económico [J. J. Ambriz, 1993, p. 147].

### b) Rentabilidad económica.

Al determinar las medidas técnicas de ahorro de energía, se procede a dar valores económicos a esa energía y a los costos de implementación.

Los criterios de evaluación económica que se aplican, se clasifican en evaluaciones económicas de 1º, 2º y 3º grado, los cuales se definen a continuación:

Las evaluaciones económicas de primer grado: Son aquellos que no tienen en cuenta la disminución del valor del dinero en el tiempo, los de segundo grado son los que toman en cuenta el costo de oportunidad del dinero actualizando los flujos de efectivo, por último los de tercer grado, además de tomar los elementos anteriores, en la evaluación incluyen variables de tipo social, por ejemplo el método de los efectos [CADEM, 1983, p.571; J.J. Ambriz, 1993, p.150; J. Islas, 1999].

En la cita anterior J. J. Ambriz (1993) nos dice que las inversiones en ahorro de energía siguen el mismo tipo de principios que cualquier otra inversión. Sin embargo, tienen la característica de ser más atractivas que otras ya que las inversiones que se hacen para proyectos de ahorro de energía se pagan con el ahorro de las mismas.

La evaluación de rentabilidad económica se inicia con el método del periodo simple de recuperación debido a su sencillez y facilidad. Las medidas seleccionadas se priorizan por otro método económico más detallado, de segundo o tercer nivel y así se afina su rentabilidad [CADEDET, 1997, p.11].

“En los casos de ahorro de energía, la oportunidad y el atractivo de la inversión son, en general, tan claros, que es suficiente la consideración de parámetros de evaluación de primer y segundo orden; incluso dentro de estos últimos es suficiente con los más elementales” [CADEM, 1983, p.571].

Algunos criterios de rentabilidad son: Que el valor presente neto (VPN) sea mayor que cero, que la tasa interna de retorno (TIR) sea mayor que la tasa de rentabilidad (TR), que la relación costo beneficio sea mayor a 1. “Para México, debido a la situación económica del país, es recomendable que la tasa de retorno no exceda a dos años, ya que de otra manera

no serían costeables las inversiones” y añade “normalmente si el tiempo de recuperación es menor de la mitad de la vida estimada, la inversión es rentable” [J. J. Ambriz, 1993, p.150]. Estos criterios por supuesto, cambian según el autor, por ejemplo para CMP+L, (1999) el tiempo de recuperación de la inversión ha de ser de 1 año para proyectos sencillos, de 3 a 4 años para proyectos de costo medio y mayor de 4 para proyectos de costo alto. Este tema se desarrollará después con mayor amplitud para poder definir mejor el criterio económico que se aplicará en esta tesis.

## 2.5 REPORTE DE RESULTADOS.

Finalmente y como resultado general de la aplicación de una metodología se realiza un reporte, el cual debe contener como mínimo: un resumen ejecutivo, los resultados y los anexos.

El informe debe iniciar con un resumen ejecutivo de los resultados obtenidos, resaltando los potenciales de ahorro y las principales medidas [CONAE, 1993, p.2.26; S. Drabog, 1998, p.24 ].

Posteriormente, se plasman los resultados, las condiciones de operación, los consumos y costos energéticos, los montos de producción, los consumos específicos, los equipo y sistemas de mayor consumo energético, datos y tablas de los valores medidos, procedimientos y datos calculados, los balances de materia y energía, el listado de las medidas encontradas, los procedimientos de análisis, la jerarquización de medidas según un criterio económico y un listado de recomendaciones técnicas y administrativas [A. Thumann, 1983, p.17; CONAE, 1993, p.2.26; J.J. Ambriz, 1993, p.151; Ch. Gottschalk, 1996, p.44; CEE, 1999, p.24]. La magnitud de este apartado dependerá del tipo de metodología realizada. El tamaño y profundidad del reporte dependerá del tipo de metodología aplicada.

En el apartado de los anexos se apuntan todos los datos de apoyo para la comprensión del reporte, por ejemplo esquemas de la instalación, datos intermedios utilizados para cálculos, mediciones y supuestos [CONAE, 1993, p2.28; J.J. Ambriz, 1993, p.153].

## 3 METODOLOGÍA PARA HOSPITALES.

Para determinar los aspectos específicos de una metodología para hospital, es necesario definir qué es un hospital y cuál es su complejidad.

Según G. Malagón (1996, p.18) un hospital se define como: *“una parte integrante de la organización médica, cuya función es la de proporcionar a la población atención médica completa, tanto preventiva como curativa y cuyo servicio de consultorio externo alcanza a la familia en el hogar...”* y su objetivo es lograr *el mejorar el nivel de salud en los individuos y por tanto contribuye a mejorar el nivel de salud de la comunidad* [M. Barquín, 1987, p.5].

Según M. Barquín (1987, p.5) el sistema de salud está integrado por tres niveles y según R. Galán (1996) de cuatro niveles. Los autores citados coinciden en la caracterización de los primeros dos niveles. La diferencia está en que R. Galán (1996) subdivide en dos niveles el tercero.

En el sistema IMSS normalmente se habla de tres niveles. El primer nivel se caracteriza por la atención primaria que brinda el médico general. “Corresponde al segundo nivel las actividades dirigidas a la restauración de la salud, atendiendo daños poco frecuentes y de mediana complejidad; los servicios que otorga, son proporcionales a pacientes derivados del primer nivel y a los que se presentan espontáneamente con urgencias médicas o quirúrgicas. El tercer nivel realiza actividades de restauración y rehabilitación de la salud a usuarios que presentan padecimientos de alta complejidad de diagnóstico y de tratamiento que han sido referidos por los otros niveles de atención” [M. Barquín, 1987, p.10].

En el sistema del Seguro Social los hospitales están clasificados en el segundo y tercer nivel de atención médica. En efecto el IMSS cuenta con 5142 unidades médicas, de las cuales 291 son de segundo nivel, 37 de tercer nivel [IMSS, 1999] y el resto de primer nivel. Esto representan porcentajes de 5.66%, 0.72% y 93.62%, respectivamente.

Los hospitales son grandes consumidores de energía, puesto que la utilizan en muy distintos campos, y las 24 horas de todos los días del año [CADET, 1996, p.13; W. Hyman, 1998, p.49].

Una metodología para hospitales tiene como objetivo analizar los diferentes equipos, áreas o centros de consumo e incluso el conjunto del edificio, siempre dirigida a la determinación de las posibles mejoras que permitan minimizar el consumo energético y por tanto la facturación energética, sin menoscabo de la calidad médica [R. Getino, 1999, p.8].

### 3.1. CONDICIONES PARA LA APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA EN HOSPITALES.

En una metodología para hospitales se aplican los aspectos generales de una metodología, los tipos, objetivos y etapas, pero se debe integrar el respeto de los criterios hospitalarios y las características de la atención médica.

La atención al enfermo y al lesionado y su entorno, como lo menciona la Asociación Americana de Hospitales (AHA, por sus siglas en inglés, 1976, p.34) son el principal objetivo y la misión fundamental de un hospital. Según G. Malagón (1996, p.178) “La salud no es otra cosa que el bienestar, físico, psicológico y social del hombre y el objetivo del hospital no es otro que propender a toda costa por el logro de ese bienestar.”

Cuando se trata de un servicio de salud es fundamental tomar en cuenta los criterios de seguridad, continuidad, oportunidad, calidad, confiabilidad y coordinación [AHA, 1976, p. 289].

El criterio de oportunidad es vital para el paciente ya que si no se tiene el equipo, material o fluido disponible en el momento que lo necesita puede ser fatal para él y para la institución [X. López, 2000, p.31]. “Los usuarios tendrán derecho a obtener prestaciones de salud oportunas y de calidad idónea y a recibir atención profesional y éticamente responsable, así como trato respetuoso y digno de los profesionales, técnicos y auxiliares” [Diario Oficial, 14 de mayo de 1986]. Y como lo menciona M. Barquín (1987, p.40), hablando de la atención médica, debe ser “eficaz, es decir, que tenga la calidad necesaria, y que se proporcione con la oportunidad debida; esto significa utilizar los avances de la ciencia y de la técnica médica, y tener al alcance para proporcionarlas en el momento en que se requieran los auxilios de estas disciplinas para resolver los diversos problemas”.

En todo momento es necesario cumplir con las normas de seguridad como protección del paciente, del “equipo de salud”<sup>7</sup> y del equipo ejecutor. “El concepto de seguridad comprende todas las precauciones de la vida humana, de las propiedades del hospital, así como para la continuidad de los servicios de la instalación. Naturalmente, la protección de la vida humana es de máxima importancia.” [AHA, 1976, p. 289], se añade que “las propiedades de las empresas eléctricas se puede reponer, los servicios no otorgados del hospital pueden reanudarse, pero la vida humana jamás se puede recuperar ni es posible compensar el sufrimiento humano”. X. López (2000, p.75) hablando de los derechos del paciente menciona: “Usted tiene derecho a que se apliquen todas las medidas de seguridad a su persona y en el entorno, para evitar accidentes que puedan complicar o agravar su problema de salud.” Además se añade “Usted tiene derecho... a la utilización de equipo y aparatos varios (como respiradores, cardiomonitores, marcapasos y otros) que deben estar en perfectas condiciones de funcionamiento, aseo y seguridad”[p.75]. Como consecuencia de todo esto una norma para la metodología para hospitales: ***no hacer mediciones o movimientos en instalaciones y/o equipos cuando el paciente lo esté utilizando.***

La continuidad y confiabilidad son elementos indispensables para los principales servicios del hospital tales como quirófanos, unidades de cuidados intensivos, áreas de prematuros, etc. Ya que son lugares donde el paciente utiliza las instalaciones y equipos de los cuales depende su recuperación y su vida. “El objetivo es asegurarse de que el vapor y las instalaciones y el aire acondicionado estén en servicio continuo, excepto cuando se trate de interrupciones programadas” [AHA, 1976, p.35]. Finalmente cuando las instalaciones y equipos han tenido un adecuado mantenimiento preventivo<sup>8</sup> operan en condiciones de seguridad, pues se conoce su estado físico y sus condiciones de funcionamiento, y por consecuencia son equipos e instalaciones confiables [M. Barquín, 1987, p.41; S. Rosales, 1991].

La calidad se refiere a la mejor conveniencia de un producto o servicio, relacionado con el beneficio que se obtendrá, es decir a su eficacia [M. Barquín, 1987, p.40]. Además “para lograr la eficiencia debe despertarse una obsesión por la calidad de productos y servicios de

---

<sup>7</sup> Se denomina “equipo de salud” a todo el personal del hospital que tiene una función directa o indirecta para el paciente.

<sup>8</sup> Mantenimiento preventivo: se refiere a los trabajos que se desarrollan para la correcta operación y servicio de un bien. Incluye el aseo, el buen manejo de los equipos, inspecciones sistemáticas, control e indicadores, detección y corrección de las fallas iniciales antes de que ocurran daños en la operación. [G. Patón, 1996, p.205]

procesos y actitudes, de rendimiento, de motivación por el trabajo. La calidad se determina por las necesidades y expectativas de los clientes externos o internos. La calidad se obtiene mediante mejores procesos y actividades y no por inspección. La calidad significa una mejora continua que nunca termina” [G. Malagón, 1996, p.24]. X. López (2000, p.33) lo reafirma diciendo “que el paciente obtenga una suficiente calidad en la atención, esto es, que se resuelva su problema de salud al límite y en el menor tiempo posible.” La calidad es un criterio indiscutible en un servicio hospitalario.

Aunado a los criterios hospitalarios, ya mencionados, se ha de cumplir con una coordinación estrecha entre los servicios y el equipo ejecutor de la metodología. La programación y la ejecución de las mediciones y recorridos dependen de esa coordinación evitando así, interrumpir la operación de áreas útiles de un hospital.

Las características de la atención médica *son los aspectos o formas de actuar del equipo de salud con el paciente*. La atención médica debe de llenar los siguientes requisitos: Universal, suficiente, eficaz, integral, eficiente, justa, respetuosa, discreta y humanista. F. Pardo (1996,p.501) además de señalar las características mencionadas agrega las siguientes: oportunidad, agilidad, accesibilidad, continuidad, integridad, racionalidad, lógico-científica, costo - efectividad, información, transparencia, consentimiento y grado de satisfacción del usuario.

Debido al uso continuo de las áreas de hospitalización y de otros servicios, donde se encuentra el paciente, el personal ejecutor se conducirá adecuadamente considerándolo “con toda la dignidad que merece su categoría de ser humano, especialmente si se toma en cuenta que en esos momentos esta en posibilidad de sufrir o de morir” [M. Barquín, 1987, p.40]. Además, puede aprender de lo mencionado por X. López (2000, p.87) “No es aceptable que usted tolere (dirigiéndose al paciente) un mal trato o una mala atención por parte del prestador de servicios de salud...” Por otro lado, la omisión de normas elementales de bioseguridad<sup>9</sup> puede conducir a problemas graves individuales o colectivos [G. Malagón - Londoño, 1996. P.190].

Tomando en cuenta los criterios y las características mencionados en los párrafos anteriores se pueden plantear las etapas para una metodología para hospitales como a continuación trataremos en los siguientes párrafos.

### 3.2. ETAPAS DE UNA METODOLOGÍA PARA HOSPITALES.

“La conservación (uso eficiente) de energía es el área donde los hospitales pueden contribuir significativamente a la conservación del medio ambiente y dados los altos costos de la misma, donde se pueden hacer apreciables reducciones en los costos” [G. Pantón, 1996, p.223]. El mismo autor añade además que “ las acciones (que propone para el ahorro de energía) son: obtener eficiencia en el consumo de energía, cortando al máximo los desperdicios. Tecnología en el ahorro de energía mediante el uso de lámparas fluorescentes

---

<sup>9</sup> “Bioseguridad es el término para reunir y definir las normas relacionadas con el comportamiento preventivo del personal del hospital frente a riesgos propios de su actividad diaria.” [G. Malagón-Londoño, 1996, p.189]

y halógenos que disminuyen hasta un 80% el consumo de la misma, aparatos (eficientes) de cocina, refrigeración y aire acondicionado. Reducción de emisiones mediante motores más eficientes, menos contaminantes. Cambio de recursos no renovables por renovables: motores con consumo de alcohol en vez de gasolina.”

En la metodología de un hospital se cumplen las etapas descritas para una metodología general. A continuación definimos la especificidad de hospitales para cada una de ellas.

### 3.2.1. Planeación de una metodología para hospitales.

La programación en hospitales sigue los mismos pasos mencionados en la sección anterior. Se inicia por la detección del problema. Esta tiene 3 alternativas. En la primera el personal directivo detecta el uso inadecuado de la energía en la instalación. En la segunda los niveles normativos superiores ordenan un mejor uso de la energía. En la tercera la iniciativa surge de un trabajador de los departamentos de Conservación, Contraloría o Servicios Generales del hospital.

El problema detectado es evaluado por el personal directivo. Haciendo hincapié en los ahorros económicos y ambientales que se pueden lograr al poner en práctica las medidas que se propondrán [CMP+L, 1999, actividad 1]. Como lo menciona L. Ostroy (1981, p.125) “para hospitales, la conservación (uso eficiente) de energía es una materia de ahorro económico”, es importante insistir además que “la eficiencia energética puede hacer un hospital más confortable para el paciente y los trabajadores” [S Lockie, 1999, p.1]. Es indispensable la participación decidida del cuerpo de gobierno en la ejecución de la metodología para hospitales debido a que puede facilitar la información del programa de uso eficiente y ahorro de energía<sup>10</sup>, si se tiene un programa. De lo contrario, con su participación se puede llegar al compromiso de iniciarlo.

El personal directivo, tomando en cuenta la complejidad del hospital, el tipo de metodología que desea aplicar, los criterios hospitalarios y las características de comportamiento en un hospital, decide la organización y la conformación del equipo ejecutor. Además aclara los apoyos que esta dispuesto a ofrecer, da a conocer las restricciones y normas de las diferentes áreas y servicios, define al personal que acompaña al equipo ejecutor y establece mecanismos para facilitar la información al equipo ejecutor, así como los procedimientos para obtener la información de cada uno de los procesos y secciones, sus expectativas y el presupuesto disponible para invertir en la aplicación de la metodología y en las medidas resultantes.

Cabe mencionar que la participación del personal de conservación del hospital es importante en la implementación de la metodología, puesto que conoce el hospital en sus áreas, equipos y sistemas. Sin embargo este personal se ve ahogado en la cantidad de actividades inherentes a su actividad y tiene el peligro mencionado en el apartado 2.1 y el mencionado por G. Malagón - Londoño (1996, p.189) “sucede con relativa frecuencia que el personal que labora en la institución hospitalaria, se rutiniza en su actividad a tal punto

---

<sup>10</sup> Una primera condición del programa de uso eficiente y ahorro de energía es: una estructuración ordenada, adecuada, coherente y objetiva para mejorar el uso de la energía en el hospital.

que insensiblemente va ampliando su confianza con áreas, elementos o personas que concurren al hospital y fácilmente omite procedimientos elementales... bajo el pretexto de su propia actividad, se introduce a áreas de alto riesgo..." y no cumple con las normas de bioseguridad.

En esta etapa, la planeación, el equipo ejecutor tiene presente para sus recorridos que en el hospital hay diferentes tipos de áreas.<sup>11</sup> El tomar en cuenta los diferentes tipos de áreas del hospital le ayuda a programar de manera adecuada las actividades. Por ejemplo: inicio y termino de los recorridos, cuidados de instrumentos de medición, cuidados y normas que lo rigen. El equipo ejecutor debe promover las autorizaciones necesarias para el acceso a las zonas restringidas y determinar el tiempo mínimo suficiente para realizar las actividades programadas [M. Barquín, 1987].

Para cuando se realizan recorridos por el hospital, se sugiere iniciar por las áreas blancas y hacer limpieza general al equipo de medición e instrumental antes de entrar a estas. Es de suma importancia también, que el personal se presente aseado y utilizando la ropa normada. Posteriormente se aconseja continuar en las áreas grises y terminar en las áreas negras. Al final es importante descontaminar el instrumental y el equipo utilizado. Como un ejemplo la ropa que debe usarse en las salas de operaciones esta caracterizada por un uniforme quirúrgico con gorro, tapabocas y cubiertas conductoras de calzado [M. Barquín, 1987, p.502].

Cuando se tiene programado realizar varios recorridos, por la complejidad o por el tamaño del hospital, se sugiere elegir un solo tipo de área para cada recorrido.

Otro elemento a tomar en cuenta en la planeación es que " la seguridad eléctrica de los hospitales se especifica de acuerdo con las áreas en las cuales está instalado equipo; por tal razón estas se clasifican:

- a) Áreas de cuidados generales. Son aquellas en donde están ubicados los equipos médicos, los que en cualquier momento pueden ser conectados a los pacientes. Ej. Equipos para imagenología (equipos de rayos X y ultrasonido).
- b) Áreas de cuidados críticos. Son las clasificadas por las normas hospitalarias en donde los pacientes son sometidos a procedimientos invasivos, con conexiones a las líneas eléctricas especiales, tales como: salas de operaciones, cuartos de trabajo, cuidados intensivos y cateterismo.
- c) Áreas húmedas. Son ambientes en los que los pacientes son sometidos a procedimientos o tratamientos mediante agua, o elementos húmedos como en el caso de la hidroterapia, que está dentro del área de terapia física" [G. Malagón, 1996, p.235].

---

<sup>11</sup> Por su limpieza y riesgo de contaminación las áreas del hospital se clasifican en blancas, grises y negras. Las áreas blancas son lugares limpios y estériles, como son los quirófanos, la unidad de cuidados intensivos, las áreas de expulsión o tocoquirúrgicas, banco de leche, prematuros. Las grises son las áreas de acceso a las blancas y las de hospitalización y los servicios auxiliares. En las áreas negras se tiene el riesgo de contaminación como en patología, laboratorio, lavandería, incinerador [S. Rosales, 1991, p.373]. Otra clasificación importante es la que se hace por restricción o no del acceso y circulación por el área.



Para el equipo ejecutor es indispensable conocer las características mencionadas en el párrafo anterior para la protección del paciente la continuidad del servicio de hospitales (no bloquear al personal médico y enfermeras), los trabajadores, cuidados de él mismo y del equipo de medición utilizado.

Desde el inicio se deben definir los recursos humanos, técnicos y económicos disponibles para la ejecución de la metodología en el hospital.

Cuando se calendariza la aplicación de la metodología en el hospital es necesario agregar un porcentaje de tiempo a las diferentes actividades que se establezcan. Lo anterior esta fundado en que las actividades de atención médica son prioritarias. Esto lleva la duplicación de algunas actividades puesto que algunas de las actividades programadas se deben cancelar por prioridades médicas. Es decir, que cuando se va a realizar la actividad programada, en ese momento se esta ejecutando otra de tipo médico y hay que esperar su terminación o planearla para un tiempo posterior.

De lo mencionado podemos aprender, además, que para hacer un recorrido o una medición lo primero que se ha de tomar en cuenta es que la acción a realizar no afecte directa o indirectamente a la atención médica y/o a los equipos o instalaciones que están proporcionando un servicio hospitalario.

Es importante conocer las normas de cada una de las áreas del hospital para tomarlas en cuenta desde el momento de la programación del trabajo. Las normas se solicitan en la dirección o en la jefatura de cada uno de los servicios.<sup>12</sup> Esto es importante para hacer un uso adecuado de los espacios y evitar riesgo de accidentes al efectuar los recorridos [J.J. Ambriz, 1993, p.141] (el autor lo propone para una instalación en general, sin embargo, se aplica a hospitales).

### 3.2.2. Información en el hospital.

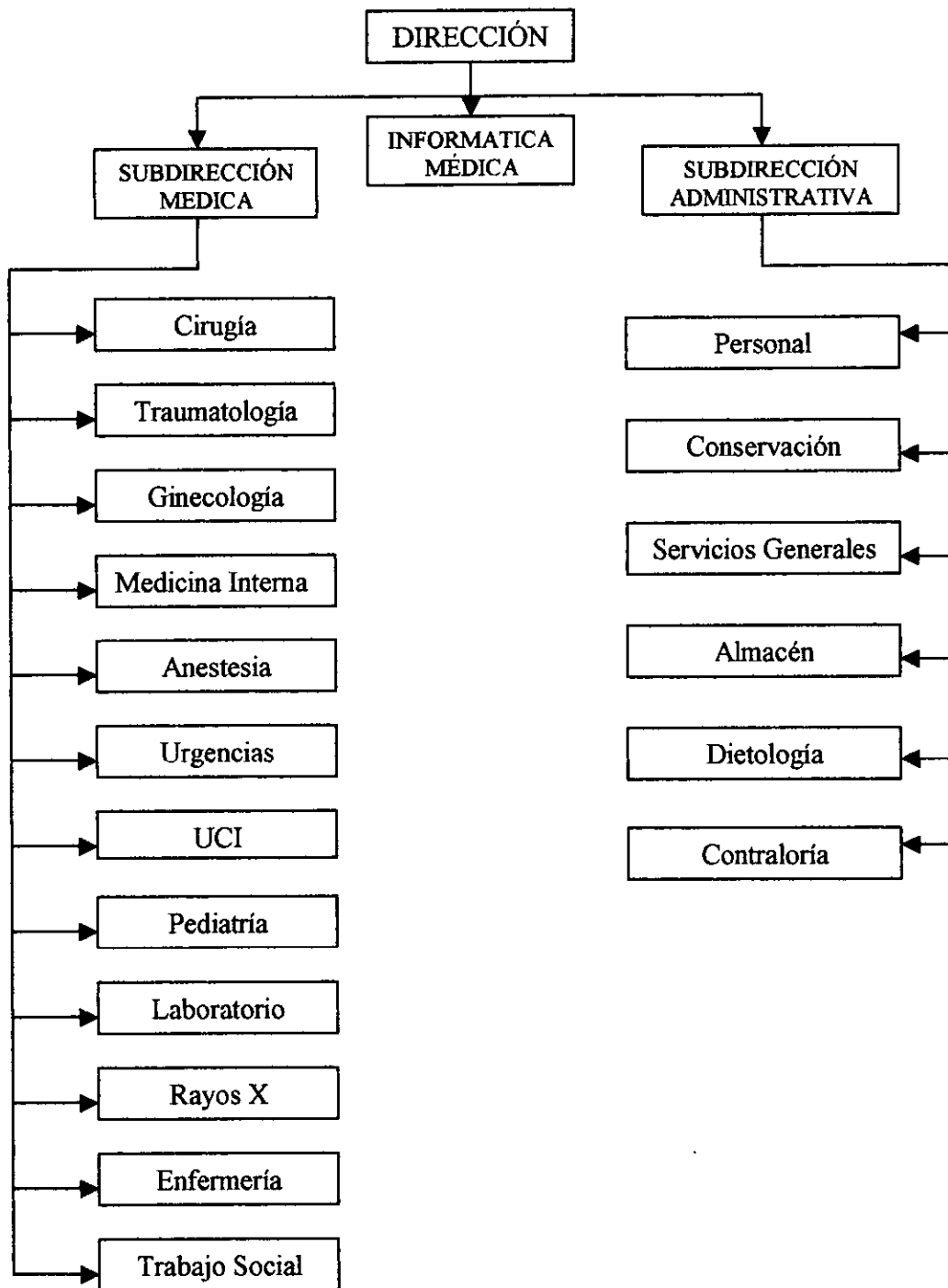
Las estadísticas, como lo propone Malagón (1996. P.424) “ son indispensables para conocer las tendencias de consumo de los diferentes bienes y servicios así como los ciclos estacionales que muestran las épocas de mayor y menor utilización de determinados productos.”

La información estadística a obtener en un hospital es la conformada principalmente por: los datos generales, consumos y costos energéticos históricos, historial de los servicios del hospital, equipos y sistemas de mayor consumo y de uso final de energía.

Los datos generales del hospital se obtienen en la dirección y en las subdirecciones del hospital. Los datos a obtener en este apartados son: nombre, ubicación, inicio de operación, remodelaciones del edificio, metros construidos, número de camas, número de trabajadores por turno, horarios de trabajo, estructura orgánica del hospital (una estructura hospitalaria se muestra en la *figura 1.1*), restricciones de acceso, horarios de visitas.

<sup>12</sup> Se entiende por servicio cada uno de los departamentos del hospital, ya sea un servicio médico como cirugía, pediatría, etc., o un servicio de apoyo como laboratorio, dietología, etc.

Figura 1.1 Organigrama general de un Hospital



Los consumos energéticos se obtienen de bitácoras<sup>13</sup> y/o de las facturas de compra de energéticos y energía eléctrica. En este punto se responde a las cuestiones ¿cuánta energía se consume? Y ¿cuáles son los combustibles que se consumen y en qué proporción?

Los autores de metodologías ya citados sugieren que se obtenga datos de un periodo de tiempo mayor a un año.

Cuando se tienen los datos de los consumos energéticos, las cantidades obtenidas se convierten a una misma unidad de energía para poderlos comparar y determinar cuál es el energético da mayor peso [F. Dubin, 1978, p.69]. Esto nos determina el área por analizar con mas detalle.

Los costos energéticos se obtienen de las facturas de compra de energéticos y de energía eléctrica. Es importante contar con las facturas de un periodo similar al que se tiene para los datos de consumos y de producción. En las facturas se tiene información de tarifas y precios vigentes.

Para el sector terciario y en especial para los hospitales es difícil determinar los productos principales de las actividades. En este sector los principales productos (servicios) se encuentran en el sistema de información estadística y en los registros de información mensual de las jefaturas de los servicios.

Es conveniente obtener la mayor información para determinar el máximo de los productos del hospital y con el mayor periodo de tiempo posible.

Finalmente, para determinar los sistemas y equipos de mayor consumo y mayor desperdicio de energía se necesita valerse de las diferentes herramientas de trabajo de campo, tales como la visita de inspección, encuestas, entrevistas, cuestionarios, formatos y mediciones.

Es importante recopilar el mayor número de datos en los diferentes registros y solamente hacer las mediciones necesarias para completarlos. También es importante realizar mediciones para verificar aquellos datos, que aunque se tienen no son confiables.

Una ventaja de disminuir el número y tipo de mediciones, es que se usan menos equipos de medición y se reduce el tiempo de ejecución del trabajo. No por esto se dejan de hacer las mediciones suficientes para lograr una completa metodología para hospitales. Otro factor determinante para definir las mediciones a realizar es el nivel de instrumentación que tiene el hospital. Es primordial tomar en cuenta que la operación de los equipos o instrumentos de medición utilizados, no provoque interferencia en equipo electrónico sensible a la

---

<sup>13</sup> La bitácora es un instrumento utilizado para registrar periódicamente datos y lecturas en las áreas estratégicas de operación. En el IMSS está normado que en la casa de máquinas de un hospital se lleven, por lo menos tres bitácoras, una de las cuales es la bitácora de fluidos y energéticos, en donde se registran las existencias de combustibles, fluidos medicinales y la lectura del medidor eléctrico, está aporta datos energéticos importantes. Otra bitácora es la de tratamiento de aguas de calderas. Por ultimo una tercera bitácora es para la entrega y recepción de turno. Las bitácoras son documentos útiles, ya que además de servir para llevar el registro deseado, son herramientas que ayudan a controlar y a detectar los cambios anormales para buscar y corregir oportunamente las causas que los generan y las personas que los producen.

radiación y otros efectos. Equipo necesarios para la evaluación médica de pacientes, en especial para pacientes en estado crítico. J. J. González (1999, p.1) propone este punto al hablar de lámparas a utilizar en hospitales.

Algunas de las restricciones a que nos enfrentamos en la obtención de la información son: el personal que tiene la información no esta dispuesto a facilitarla, la depuración de expedientes (en las instituciones públicas a los dos años toda la información se envían a archivo muerto, en muchos de los casos sin depurarla), y los múltiples cambios de personal responsable de las áreas hace que se pierde información estadística valiosa, la escasa instrumentación de las instalaciones actuales, y los elevados costos de los equipos de medición más confiables.

### 3.2.3. Procesamiento de datos.

El procesamiento de datos sigue la misma secuencia mencionada en los apartados correspondientes a este tema en la sección. Es indispensable recalcar la importancia de contar con métodos auxiliares para el análisis de los sistemas, tales como, programas de computo, métodos estadísticos, métodos económicos, etc. En este trabajo se propone que el sistema térmico se analice utilizando la Técnica de Punto de Pliegue (TPP) que es una herramienta de optimización energética.

Dicha técnica fue “desarrollada por el Profesor Bodo Linhoff y sus colaboradores de ETH Zurich, La Universidad de Leeds, ICI y ahora UMIST.” [R. Best, 1998, p.5.1] La técnica TPP ha sido aplicada en muchos procesos industriales “no solo optimiza la red de recuperación de calor, sino que al hacerlo, permite al usuario determinar los requerimientos mínimos de calentamiento y enfriamiento que son necesarios para completar las necesidades demandadas por el proceso” [R. Best, 1998, p. 5.1].

La aplicación de la Tecnología de Punto de Pliegue se puede resumir en doce pasos, los cuales se enumeran a continuación:

- A) Obtención del diagrama del proceso.
- B) Determinación de los datos del proceso, a saber, temperaturas, presiones, entalpías, flujo másico y calor específico de los fluidos del proceso.
- C) Definición de las corrientes frías<sup>14</sup> y calientes<sup>15</sup> del proceso.
- D) Representación del esquema de diseño de las corrientes.
- E) Determinación o definición de la  $\Delta T_{MIN}$
- F) Elaboración de la tabla del problema.
- G) Determinación de las necesidades mínimas de servicios.
- H) Determinación del Punto de Pliegue por cualquiera de los siguientes dos métodos:
  - a) Método gráfico:
  - b) Proceso analítico.

<sup>14</sup> Se entiende por corriente fría aquella corriente del proceso que se requiere una cantidad de calor, que va de una temperatura menor a una temperatura mayor.

<sup>15</sup> Por su parte la corriente caliente del proceso será aquella que se necesita ceder calor, y descende de una temperatura mayor a una menor.

- I) Interpretación de resultados y propuesta de alternativas.
- J) Construcción del diseño modificado.
- K) Elaboración de la gran curva compuesta.
- L) Integración de servicios.

#### 3.2.4. Evaluación Técnico económica.

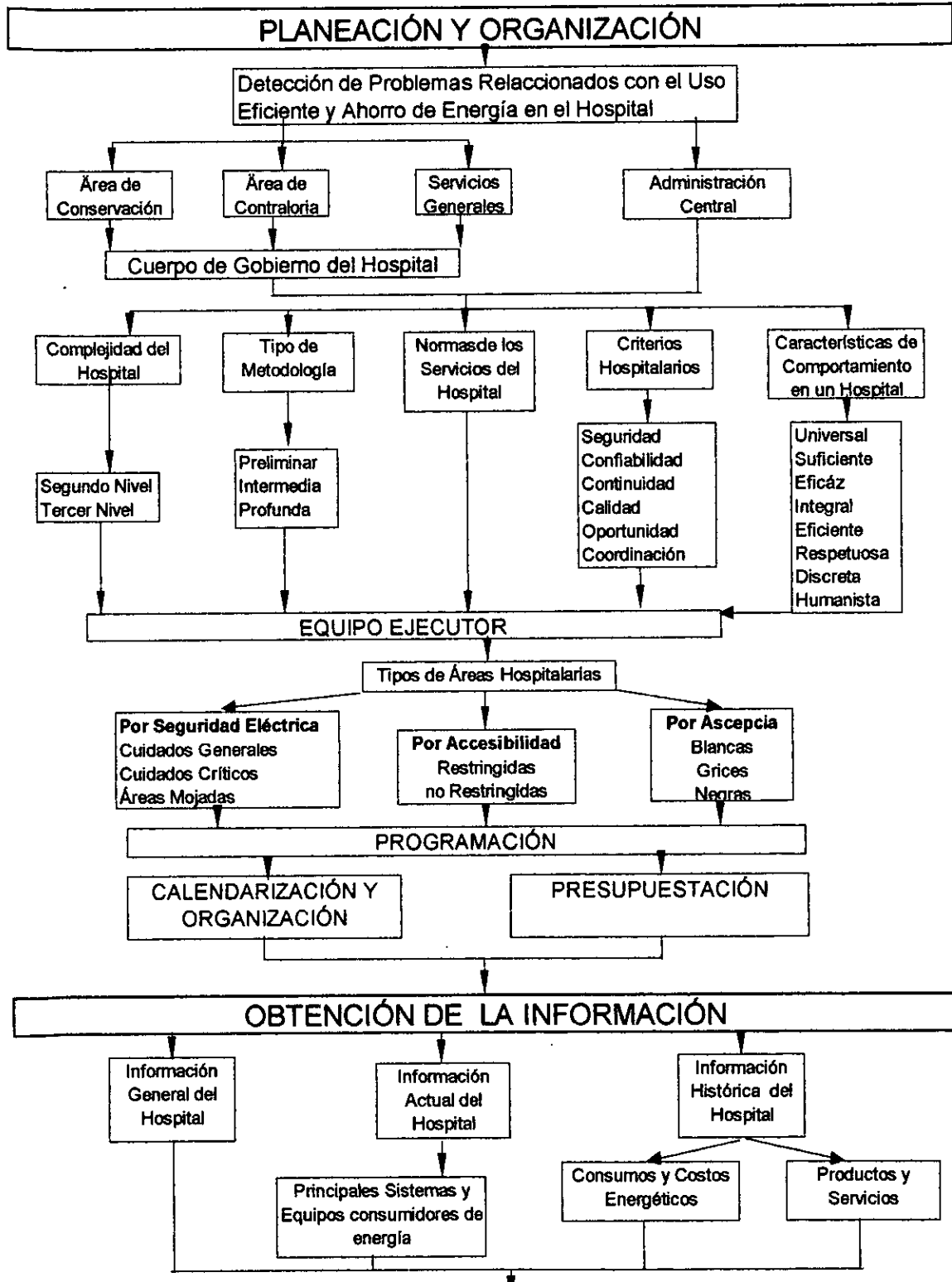
En el sector hospitalario a la evaluación técnico económica además de evaluarse con los parámetros ya mencionados, se evalúa frente a cada uno de los criterios hospitalarios expuestos en páginas anteriores. En un hospital una medida será factible si es segura, confiable, continua, oportuna y de alta calidad. Y aún así, menciona S. Jakélius (1996): las medidas tienen la prioridad de las necesidades médicas del paciente y el ahorro de energía pasa a segundo término.

En base a lo dicho hasta aquí, es importante mencionar que las mediciones necesarias en un hospital, generalmente no difieren de otras instalaciones. Sin embargo como se menciona en su momento, las formas y criterios si son diferentes.

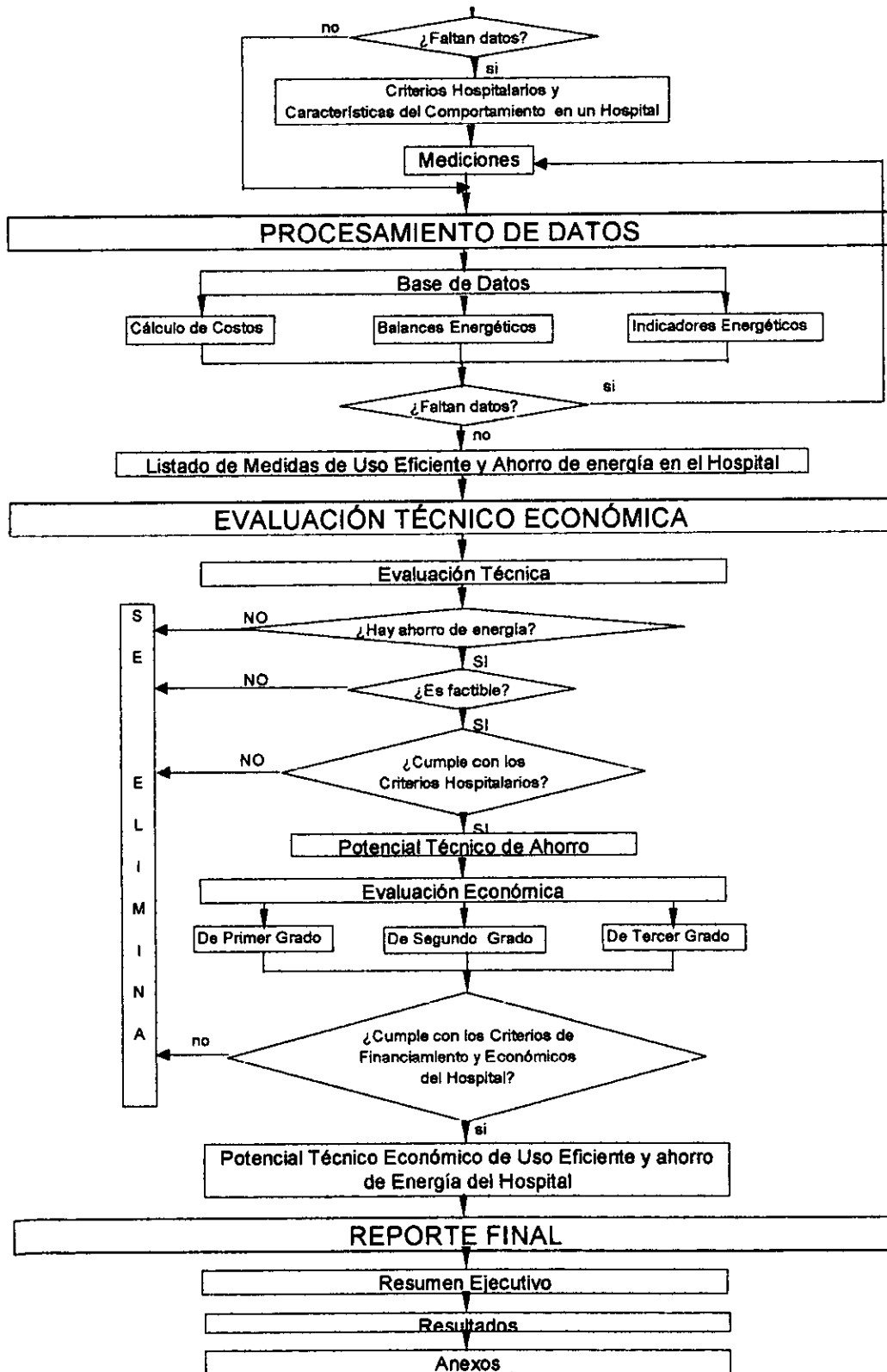
Las mediciones de flujos térmicos y eléctricos son fundamentales para la metodología de uso eficiente y ahorro de energía. Respecto a los flujos térmicos, hasta este momento no se tiene dispositivos económicamente accesibles para que sean conectados en las diferentes instalaciones. Por lo que es muy importante en la metodología contar con los equipos de medición para determinar los flujos térmicos del hospital. Por el contrario, para medir los flujos eléctricos, en forma general, se cuenta con el medidor de la empresa suministradora de energía eléctrica. Para hacer las mediciones internas existe en el mercado, como se mencionó, equipo compacto y accesible económicamente para la administración de un hospital.

Por último, como conclusión presentamos la *figura 1.2* que sintetiza la construcción durante todo este capítulo de una metodología para hospitales.

Figura 1.2 Metodología de Uso Eficiente y Ahorro de Energía en Hospitales.



(Continuación) Figura 1.2 Metodología de Uso Eficiente y Ahorro de Energía en Hospitales.



## BIBLIOGRAFIA DEL CAPITULO 1

AHA (American Hospital Association), 1976, Manual de Ingeniería de Hospitales (Organización, Administración y Mantenimiento), Editorial Limusa, México, 405pp.

Ambriz G. J. J. Y Paredes R. H., 1993, Administración Y Ahorro De Energía (Libros De Texto Y Manuales De Práctica), Universidad Autónoma Metropolitana (unidad Iztapalapa), México, 329pp.

Banerjee R., 1997, Energy Auditing, Electrical India, 15<sup>th</sup> Febrero, pp.13-15.

Barquín M., 1987, Dirección de Hospitales (Sistemas de Atención Médica), 5ª Edición, Interamericana, México, 1987, 783pp.

Best R., 1998, Recuperación De Calor Utilizando Bombas De Calor, Centro de Investigación de Energía de la UNAM, Temixco, Morelos, México, 1998, (notas).

CADDET, 1997, Saving Energy With Energy Efficiency In Hospitals, Maxi Brochure 05, CADDET, 24pp.

CADEM, 1983, Manual de Eficiencia Térmica, Tomo II, CADEM, España, 594pp.

CEE<sub>a</sub> (Centro de Estudios de Energía de España), 1983, Manuales Técnicos y de Instrucción para Conservación de Energía. 2.-Generación de Vapor, Centro de Estudios de la Energía, Madrid, 166pp.

CEE<sub>b</sub>, 1983, Acondicionamiento de Locales, Manuales técnicos y de instrucción para conservación de energía 7, Centro de Estudios de la Energía, Madrid, 121pp.

CEE<sub>c</sub>, 1983, Ahorro en Procesos, Técnicas de Conservación Energética en la Industria, Tomo II, Centro de Estudios de la Energía, Madrid, 479pp.

Chalmers B., 1993, Annotation: Care Of Children In Hospital, Child: care, health and development, N°19, pp.119-126.

CMP+L (Centro Mexicano para la Producción Más Limpia), 1999, Taller de Gestión Ambiental y Producción Más Limpia en Hospitales, Notas del taller para la producción más limpia, 26-27 de octubre, Delegación Tlalpan, México.

CONAE, 1993 Manual De Diagnósticos Energéticos (Borrador), Grupo eficiencia industrial, RCG/BCEOM/CADEM/SAINCOMEX, México, 1993, 264pp.

CONAE, 1995, Diagnósticos energéticos, Secretaría de Energía, CONAE, México, 143pp.

CONAE, 1997, Metodología Para El Desarrollo De Diagnósticos Energéticos En Sistemas De Generación De Vapor, CONAE, México, 130pp.



CONAE, 1998, Iluminación en inmuebles, CONAE, México, 119pp.

CONAE<sup>a</sup>, 1998, Metodología Para Evaluar La Aplicación De Un Sistema De Control De Demanda Eléctrica, CONAE, México, 159pp.

Diarios Oficial de la Federación, 14 de mayo de 1986, Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Prestación de Servicios de Atención Médica, Estados Unidos Mexicanos.

DOE, 1978, Energy Audit Workbook for Hospitals, National Technical Information Service, DOE, USA, 92pp.

DOE, 1998, The Office of Industrial Productivity & Energy Assessment Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Modern Industrial Assessment, USA, 411pp.

Drabog S et, al., 1998, Energy Audit At Russian Dairies Energy Guidance, , Dansk Energy Analyze, Denmark, 25pp.

Dubin F., y Long Chalmers G Jr., 1978, Energy Conservation Standards for Building Design, Construction, and Operation, McGraw-Hill Book Company, USA, 413pp.

Galán R., 1996, Niveles de Atención Médica, en Malagón G., Et al., Administración Hospitalaria, Panamericana, Colombia, pp. 115-121.

Getino R., 1999, Actuaciones Del EREN En La Optimización Energética De Instalaciones Hospitalarias De Castilla Y León, ponencia N° 19, Libro de ponencias, Jornada Tecnológica, Soluciones para la Disminución de Costes Energéticos en Hospitales, IDEA, Madrid, 18 de noviembre de 1999.

Gómez H., Galán R., 1996, Niveles de Atención en Salud y Grados de Complejidad, en Malagón G., Et al., Administración Hospitalaria, Panamericana, Colombia, pp. 123-132.

González J. J., 1999, Sistemas de Iluminación en Centros Hospitalarios. Ideas para la Reducción de Costes Energéticos, Ponencia N° 13, Libro de ponencias, Jornada Tecnológica, Soluciones para la Disminución de Costes Energéticos en Hospitales, IDEA, Madrid, 18 de noviembre de 1999.

Gottschalk, Ch. M., 1996, Industrial Energy Conservation, , John Wiley & Sons, UNESCO, 251pp.

Hyman W., 1998, Energy Conservation Revisited, Journal of Clinical Engineering, Enero – Febrero, pp.49-54.

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), 1999, Libro de ponencias, Jornada Tecnológica, Soluciones para la Disminución de Costes Energéticos en Hospitales, IDEA, Madrid, 18 de noviembre de 1999.

IDAE<sub>a</sub>, 1989, Optimización Energética De Las Instalaciones De Calefacción Y Agua Caliente, Cuadernos de Gestión energética Municipal. 5, IDEA, Madrid, 125pp.

IDAE<sub>b</sub>, 1989, Optimización Energética De Las Instalaciones De Aire Acondicionado, Cuadernos de Gestión energética Municipal. 6, IDEA, Madrid, 153pp.

IMSS, 1996, Indice de Consumo de Fluidos y Energéticos de 1995, IMSS, Documento interno, México, 1996.

IMSS, 1997, Indice de Consumo de Fluidos y Energéticos de 1996, IMSS, Documento interno, México, 1997.

IMSS, 1998, Indice de Consumo de Fluidos y Energéticos de 1997, IMSS, Documento interno, México, 1998.

IMSS, 1999, Indice de Consumo de Fluidos y Energéticos de 1998, IMSS, Documento interno, México, 1999.

IMSS, 1999, Universo de Acción, 709/UNIVAC99.Xls/epc, IMSS, reporte del mes de septiembre de 1999.

Islas J., 1999, Evaluación de Proyectos Energéticos, Notas del curso, Agosto - Diciembre, Temixco Mor.1999.

Jakélius S., 1996, Learning Experiences With Energy Savings In Hospitals, CADDET, Analyses series 20, 145pp.

Kolesnikov et, al., 1998, Comon Energy Audit Report, Dansk Energi Analyse, Dinamarca, 23pp.

Lockie L., 1999, The Energy Efficient Refurbishment Of Hospitals, Ponencia N° 17, Libro de ponencias, Jornada Tecnológica, Soluciones para la Disminución de Costes Energéticos en Hospitales, IDEA, Madrid, 18 de noviembre de 1999.

López X., 2000, Los Derechos del Paciente, Trillas, México, 171pp.

Malagón G., y Londoño M.D., 1996, La Bioseguridad En El Hospital, en en Malagón G., Et al., Administración Hospitalaria, Panamericana, Colombia, pp. 189-203.

Malagón G. Et al, 1996, Administración Hospitalaria, Panamericana, Colombia, 1996.

OECD (La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), 1999, Energy Audit Management Procedure, The guidebook for Energy Audits, Programme Shemes and Administrative procedures, International Conferencie on Energy Audits, AUDIT 99, SAVE - Project Final Report, Finlandia, 281pp.

Ostry L., 1981, Energy Conservation in Large Hospitals & Medical Centers, Journal of Clinical Engineering, Vol.6, N°2, Abril - Junio, pp.125-129.

Pantón G., 1996, Mantenimiento, en Malagón G., Et al., Administración Hospitalaria, Panamericana, Colombia, pp. 205-229.

Prado F., 1996, Indicadores y Estructura de Calidad de la Atención Médica, en Malagón G., Et al., Administración Hospitalaria, Panamericana, Colombia, pp.501-506.

Reynales J., 1996, Sistemas de Información Hospitalaria, en Malagón G., Et al., Administración Hospitalaria, Panamericana, Colombia, pp. 451-468.

Rosales S., 1991, Fundamentos De Enfermería, Manual Moderno, México, 463 pp.

Sloss M. et, al., 1997, Handbook “How To Hire An Energy Auditor To Identify Energy Efficiency Projects”, página de internet, California Energy Commission, 62pp.

Thumann A. P.E., C.E.M., 1983 Handbook Of Energy Audits., Segunda edición, The Fairmont press, inc, 443pp.

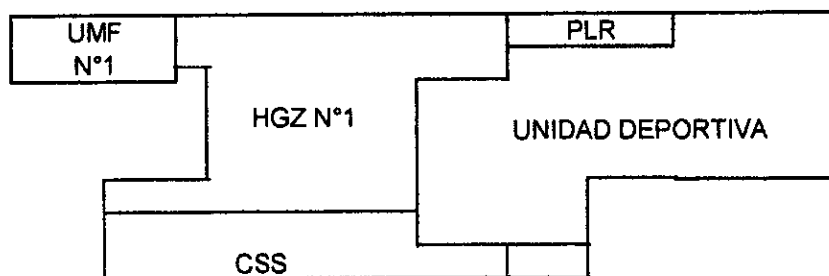
## CAPÍTULO 2

### LA ESTRUCTURA DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN HOSPITALES: CASO DEL CONJUNTO DEL IMSS EN AGUASCALIENTES

La estructura del consumo energético y en particular la del uso final de la energía en hospitales es un tema que no se ha tratado en la literatura mexicana, y que ha sido escasamente abordado en la internacional. En el presente capítulo nos proponemos determinar la estructura del consumo energético en hospitales y en particular la de sus usos finales energéticos.

El conjunto del IMSS ubicado en la ciudad de Aguascalientes, es el estudio de caso que vamos a tratar en esta tesis. Este conjunto está formado por cinco unidades, a saber, un hospital, un Centro de Seguridad Social (CSS), una Unidad Deportiva, la Unidad de Medicina Familiar N°1 (UMF N°1) y una Planta de Lavado Regional (PLR). Para resaltar la parte del hospital en la medida que la información lo permita nos referiremos a éste específicamente. En la *figura 2.1* presentamos un croquis de la distribución de las unidades mencionadas del conjunto.

*Figura 2.1. Croquis de las unidades del conjunto del IMSS.*



El capítulo está dividido en cinco secciones. La primera sección presenta la estructura general del consumo energético del conjunto del IMSS. En la segunda sección presentamos el perfil de la demanda de diesel. En la tercera sección se trata el perfil de la demanda eléctrica. En la cuarta sección se determinan los usos finales térmicos. Por último, en la sexta sección se determinan los usos finales eléctricos.

#### 1 PATRON DE CONSUMO ENERGÉTICO GENERAL.

El hospital inició sus operaciones en 1965 con 147 camas censables<sup>1</sup> [IMSS, 1996; M.G. Armas, 1997] y se diseñó como "Clínica T1 Hospital con Medicina Familiar". En 1974 se

<sup>1</sup> Cama Censable: es el número de camas que oficialmente tiene el hospital para ingreso de pacientes.

transformó en “Hospital General de Zona con Medicina Familiar” y su capacidad se incrementó a 244 camas censables. El 27 de enero de 1993 pasó a ser por un decreto Hospital General de Zona N°1 “Dr. José Luis Avila Pardo” [A. Contreras, 1996]. Por último, debido a la construcción de un nuevo Hospital en la ciudad de Aguascalientes en el año de 1994, se optó por reducir su capacidad a 189 camas censables. Actualmente la parte del hospital esta provisto también de 94 camas no censables<sup>2</sup> y es considerado como una unidad médica del IMSS de segundo nivel con 16,236 m<sup>2</sup> construidos [IMSS, 2000].

El edificio del hospital tiene una orientación física hacia el poniente y está constituido por:

- Una planta baja en donde se encuentran los Servicios de Urgencias, Control del personal, Servicios Generales, Dietología, Tococirugía, Terapia intensiva, Imagenología, Trabajo social, Archivo, Laboratorio, Medicina física y la Consulta externa.
- 6 áreas de Hospitalización, de los cuales 4 están ubicadas en el edificio denominado “la torre de hospital”, una en ginecología en la planta baja y la última en el edificio conocido como “cirugías”. En estas áreas se encuentran los pacientes en forma permanente y se les asigna una cama censable.
- Una primera planta donde se encuentra ubicadas las oficinas del Cuerpo de Gobierno,
- Edificios anexos en donde se encuentran los servicios de Farmacia, Medicina preventiva, Conservación y Almacén.

El HGZ siendo un hospital de segundo nivel, brinda servicios en las especialidades de Cirugía y Traumatología, Gineco - obstetricia, Pediatría y Medicina interna. Sin embargo, actualmente ha incorporado muchas de las subespecialidades que corresponderían a un hospital del IMSS de tercer nivel.

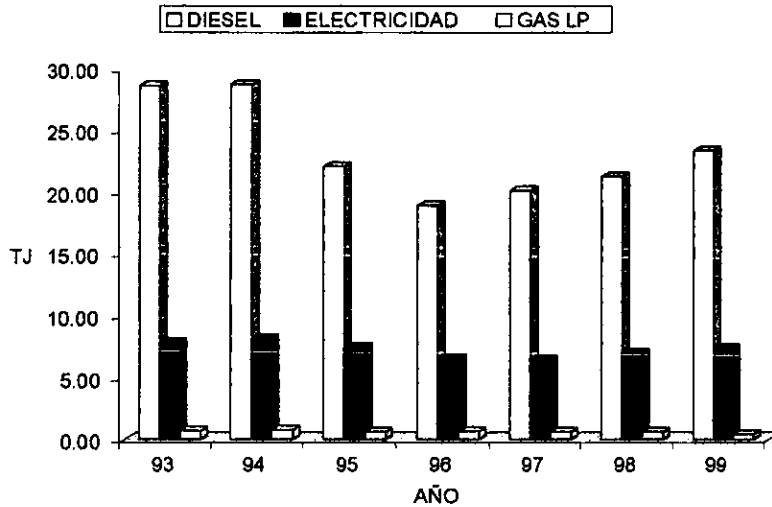
La *gráfica 2.1* presenta la distribución anual de los 3 energéticos consumidos en el conjunto. Los datos se refieren a los consumos del periodo de 1993 a 1999 (ver *tabla A.1 en anexos*).

En la *gráfica 2.1* se ve que el consumo de diesel tiene la mayor variación (de 18.91 en el año 1996 a 28.66 TJ en el año 1994). Su consumo promedia 23.28 TJ y representa el 74.27% de la energía total consumida. Como se observa en la gráfica mencionada el consumo de electricidad tiene una menor variación (de 6.44 en el año de 1997 a 8.16 TJ en 1994). El consumo de electricidad promedia 7.25 TJ y representa el 23.13% del consumo de energía total. Por último, el Gas LP solamente representa un 2.6% de la energía consumida total, y su consumo promedia 0.81 TJ. En razón de la importancia del consumo de diesel y electricidad en esta tesis nos abocaremos a determinar la estructura del consumo de estos dos combustibles y haremos abstracción del consumo de gas LP ya que es muy pequeño<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Cama no Censable: Es la cama ocupada por el paciente en forma transitoria para recibir un servicio corto o para recuperarse de una intervención (los servicios que se consideran con camas no censables son: Recuperación de cirugías, Terapia, Urgencias, Puerperio de bajo riesgo, Alojamiento Conjunto, etc.)

<sup>3</sup> Este último combustible se utiliza, en la parte del hospital, para la cocción de alimentos y para el encendido de las calderas.

Gráfica 2.1 Consumo anual de los energéticos del conjunto del IMSS.

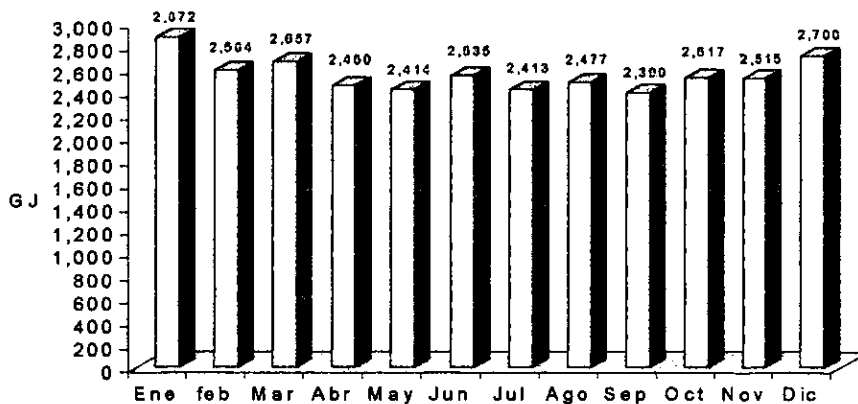


FUENTE: Bitácora de casa de máquinas del HGZ N°1; S.E., 1997, p.55

En la gráfica 2.2 podemos ver la distribución del consumo promedio mensual de la energía total del conjunto del IMSS. Los máximos valores se encuentran en enero (2,872 GJ) y diciembre (2,708 GJ). Mientras que los mínimos los registran los meses de mayo (2,414 GJ), julio (2,413 GJ) y septiembre (2,390 GJ).

Como lo propone J. G. Soriano (1999, p.2), los principales consumos energéticos del hospital se resumen en dos grandes partidas, el consumo de diesel para la alimentación de calderas y el consumo de energía eléctrica.

Gráfica 2.2 Distribución promedio mensual de energía total del periodo (1993-1999)



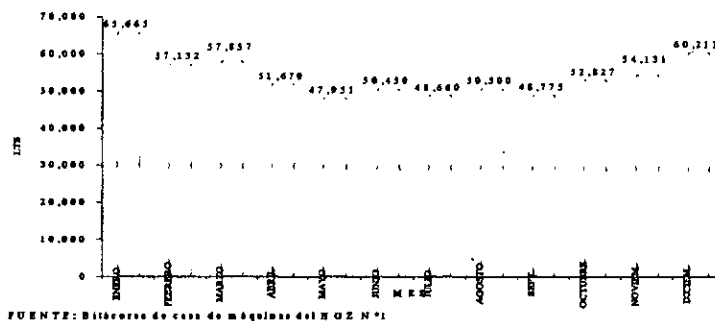
FUENTES: Bitácora de casa de máquinas del hospital; S.E., 1997, p.55

## 2. EL PERFIL DEL CONSUMO DE DIESEL EN EL CONJUNTO DEL IMSS.

El diesel se usa para la generación de vapor en la casa de máquinas N°1<sup>4</sup>, el cual a su vez es utilizado para abastecer las necesidades térmicas del conjunto.

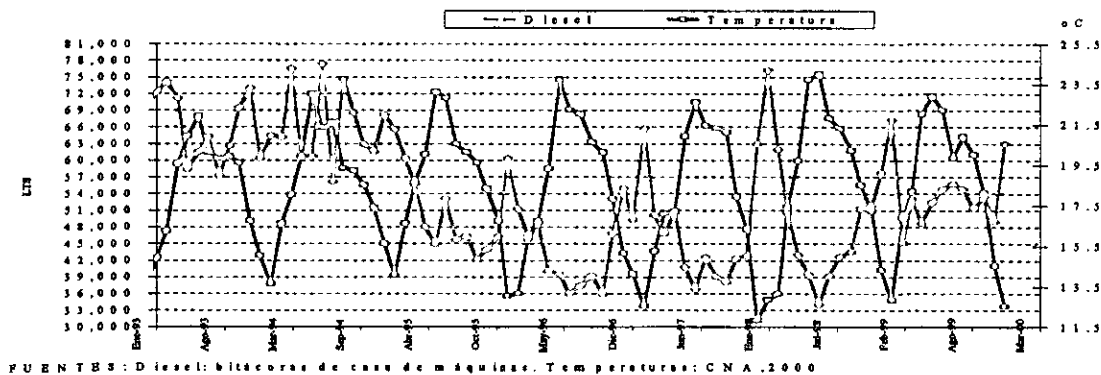
Los promedios mensuales del consumo de diesel en el conjunto del IMSS están representados en la *gráfica 2.3* (véase datos en la tabla A.2 de los anexos).

*Gráfica 2.3 Consumo promedio mensual de diesel del conjunto del IMSS.*



En la *gráfica 2.3* observamos que en los meses de enero y diciembre se tienen los valores del consumo de diesel más altos. Por el contrario en los meses de mayo y julio registran sus valores más bajos. La *gráfica 2.4* muestra que cualitativamente hay una relación inversamente proporcional entre el consumo de diesel y la temperatura ambiente. Para los años 1996, 1997 y 1998 esta relación se observa con mayor claridad.

*Gráfica 2.4 Distribución de temperatura ambiente y consumos de diesel del conjunto del IMSS (1993-1999).*

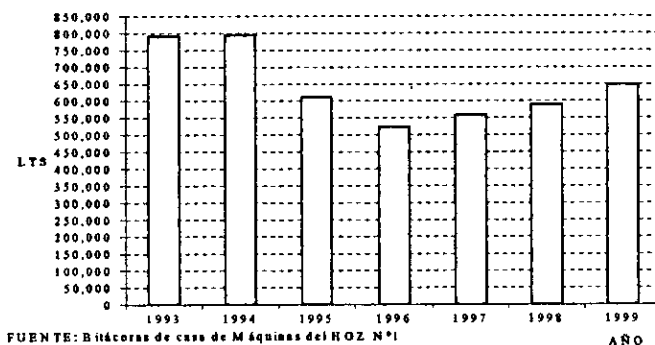


La *gráfica 2.5* muestra que los consumos anuales de diesel del conjunto del IMSS no son homogéneos en todos los años. En 1994 este valor era de 795,056 litros y posteriormente

<sup>4</sup> En el conjunto existen dos casas de máquinas la N°1 ubicada en el HGZ y la N°2 en la Unidad Deportiva.

disminuyó un 34% en 1996 cuando sólo se consumieron 524,544 litros de diesel, posteriormente este consumo subió a 648,046 litros en el año 1999.

*Gráfica 2.5 Consumo anual de diesel del conjunto del IMSS (1993-1999)*



La disminución se explica en gran medida en términos del trabajo que realizó en 1995 y 1996 el equipo del área de Conservación de la parte del hospital que mejoró el uso de los energéticos y a la disminución de la capacidad del hospital por la apertura de un nuevo hospital en la ciudad. Desafortunadamente a mediados del siguiente año el equipo se desintegró y por falta de supervisión, seguimiento y de un programa bien establecido, los resultados se volvieron a revertir como se muestra en la *gráfica 2.5*.

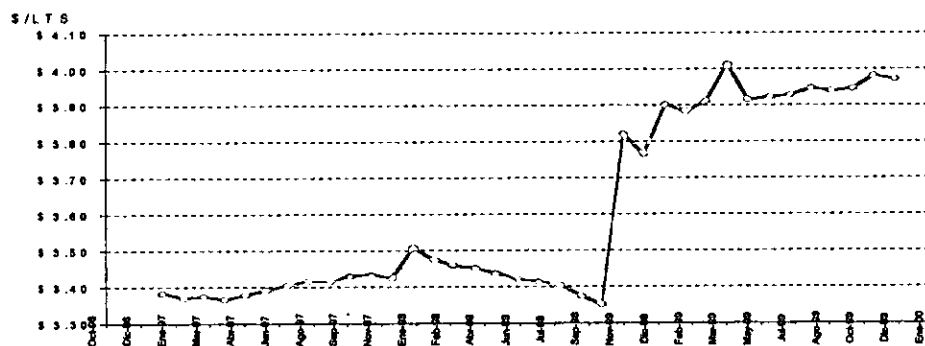
Cabe mencionar que el ejemplo del párrafo anterior sugiere que un buen programa de uso eficiente y ahorro de energía y con el equipo de ingenieros de conservación se pueden lograr disminuciones de los consumos anuales de diesel, de 795,056 litros en el año 1994 a 524,544 litros en el año 1996. En términos monetarios, los ahorros económicos fueron superiores a \$1,000,000 de pesos de diciembre de 1999. Por el contrario, el incremento entre 1996 y 1999 (de 524,544 litros a 648,046 litros) representó por su parte un incremento de gastos de \$500,000.

Es importante destacar que un trabajo como el realizado por el equipo, antes mencionado, es un buen ejemplo de uso eficiente y ahorro de energía y resalta el papel que puede jugar el área de conservación del IMSS.

En la *gráfica 2.6* (véase datos en la *tabla A.3 de anexos*) podemos observar que hay un incremento importante en el precio real del diesel en noviembre de 1998. Dicho aumento debido a un ajuste fiscal acordado por la Cámara de Diputados [R. González, 1998], fue de \$0.47, y correspondió a un aumento de 14.03%, respecto al mes inmediato anterior. Desde entonces este incremento ha operado como una clara señal para que el consumo de este combustible en el hospital se racionalice a través de alternativas para disminuir su consumo. La búsqueda de estas alternativas es uno de los objetivos del presente trabajo.



Gráfica 2.6 Precio del diesel del periodo de 1997 a 1999 (pesos de diciembre 1999)



FUENTES: INEGI, 2000. Libretas de control de presupuesto de Conservación, IMSS

## 2.1 Producción de vapor en el conjunto del IMSS.

El diesel se consume principalmente en la casa de máquinas del hospital en donde están instaladas 3 calderas de tubos de humo. De este conjunto de calderas dos son de 1,473 kW (150 cc)<sup>5</sup> marca Power Master y la tercera tiene una capacidad de 1,964 kW (200 cc) y es de marca Myrigo. Normalmente su rutina de operación es tal que trabajan dos calderas en forma continua mientras que a una tercera se le da mantenimiento mayor. Las calderas que trabajan generan vapor en un rango de presión de 4.5 - 7 kg/cm<sup>2</sup>.

Como en el hospital no hay un instrumento de medición para determinar la cantidad de vapor producido se utilizó un método indirecto. Supusimos que la producción de vapor es igual, en términos másicos, a la cantidad de agua suministrada a la caldera. Esta la estimamos como el producto del caudal y el tiempo de trabajo de las bombas de alimentación de agua a calderas. El cálculo expreso el lector puede encontrarlo en el *anexo "C"*.

De acuerdo con nuestros resultados la producción diaria de vapor es de 24,526 m<sup>3</sup>.

La red general de vapor del conjunto del IMSS tiene 6 ramales principales, 4 van por uno de los muros laterales de la trinchera<sup>6</sup> y dos por azoteas. Cada ramal cuenta con su respectivo retorno de vapor condensado. Cabe mencionar que las tuberías y sus aislamientos están muy deteriorados y que se recupera muy poco condensado. Esto nos lleva a tres importantes medidas de ahorro.

### M.1 Cambio de la tubería de la red de vapor<sup>7</sup>.

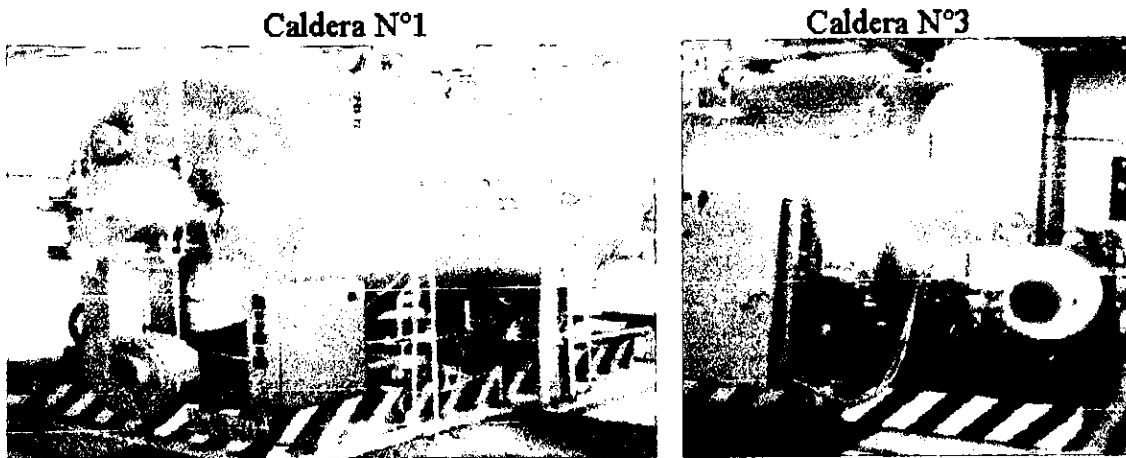
<sup>5</sup> Un Caballo caldera (cc) = 33,500 Btu/hr. [SELMAC, 1976, p.77], Btu/hr = 0.2931 W [SELMAC, 1976, p.11].

<sup>6</sup> Trinchera: es un ducto subterráneo construido expresamente para llevar las instalaciones del conjunto. Su tamaño varía, tanto en altura (entre 0.5 a 2 m.) como en lo ancho (desde 0.5 m. hasta ser todo el sótano de un edificio).

<sup>7</sup> En la medida que vayamos desarrollando la tesis iremos remarcando las medidas potenciales de uso eficiente y ahorro de energía.

- M.2 Cambio del aislamiento de las tuberías con flujo caliente.
- M.3 Recuperación del 50% del condensado de la red de vapor.

Figura 2.2. Calderas del hospital



### 3. EL PERFIL DE LA DEMANDA ELÉCTRICA.

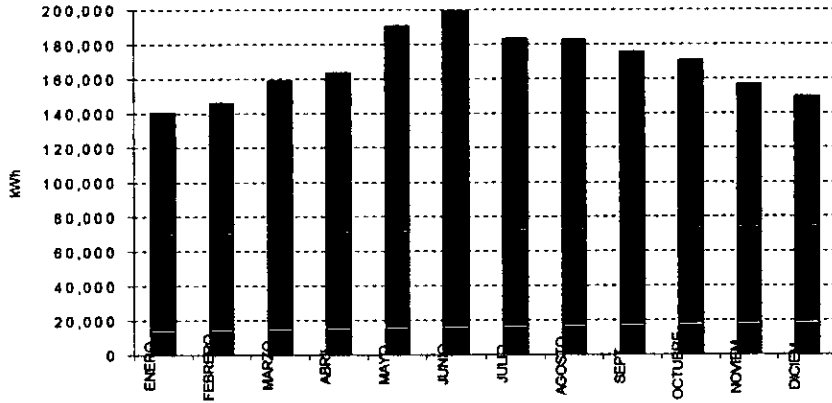
En esta sección se encuentra primero la información general de la demanda eléctrica del conjunto del IMSS. Después presentamos la demanda eléctrica en términos económicos por lo que acudiremos a los datos de tarifas, facturación y precios. Por último, mostramos los valores obtenidos de potencia y factor de potencia medidos en el transformador de 400 kVA de la subestación del hospital.

La subestación eléctrica del hospital tiene cinco transformadores eléctricos, los cuales están distribuidos de la manera siguiente: uno de ellos es el de 400 kVA para el circuito de emergencia. Dos de 300 kVA para el circuito normal. Otro de 300 kVA para el equipo de rayos X de la sala uno. Y el último, uno de 108 kVA para el Tomógrafo. Finalmente, el hospital cuenta con una Planta de emergencia de 400 kVA.

La *gráfica 2.7* muestra los datos históricos del consumo promedio mensual de electricidad del conjunto del IMSS del periodo comprendido entre los años 1993 a 1999 (*véase tabla A.2 en anexos*).

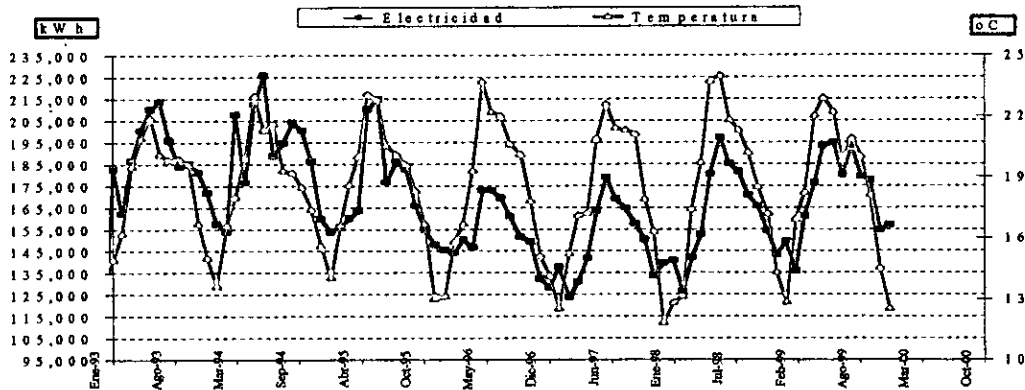
Observamos en esta gráfica que el consumo promedio mensual crece entre enero y junio en donde se alcanza un máximo. Después desciende suavemente hasta el mes de diciembre. A partir de la *gráfica 2.7* se observa que en términos cualitativos hay una relación directamente proporcional entre la temperatura ambiente media mensual y el consumo eléctrico mensual (*véase gráfica 2.8*), lo cual pudiera reflejar el efecto de los equipos de aire acondicionado en el consumo eléctrico.

Gráfica 2.7 Consumo promedio mensual de electricidad del conjunto del IMSS (1993 – 1999).



FUENTE: Bitácora de casa de máquinas del HGZ

Gráfica 2.8 Serie del comportamiento del consumo mensual de electricidad del conjunto del IMSS y la temperatura ambiente. (1993 a 1999)



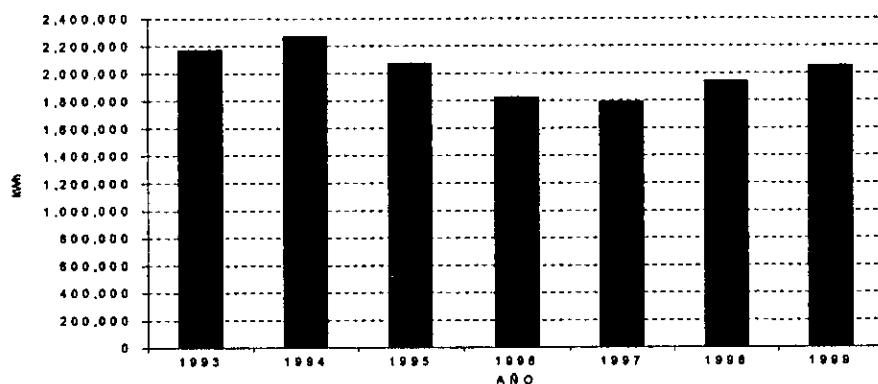
FUENTES: Electricidad: bitácoras de casa de máquinas. Temperaturas: CNA 2000

El consumo anual de electricidad se muestra en la gráfica 2.9 para el periodo de 1993 a 1999.

La gráfica 2.9 tiene un comportamiento similar a la de diesel (gráfica 2.5). En efecto, los valores más altos del consumo anual de energía eléctrica corresponden al año de 1994 (2,265,600 kWh). En sentido opuesto se logra un mínimo en el consumo de energía eléctrica en 1997 (1,787,520 kWh) significa un descenso de 21%. Posteriormente este parámetro vuelve a crecer entre 1997 – 1999 (de 1,787,520 kWh a 2,049,720 kWh) con un incremento de 14.67%.

Nuevamente hacemos recalcar el buen efecto del trabajo del equipo del área de Conservación de la parte del hospital durante los años 1995, 1996 y 1997. En estos años se refleja claramente una disminución del consumo anual de energía eléctrica.

Gráfica 2.9 Consumo anual de electricidad del conjunto del IMSS (1993-1999)



FUENTE: Bitácora de casa de máquinas del HGZ

El conjunto del IMSS está conectado a la red de CFE y en la clasificación de tarifas y de regiones le corresponde pagar la tarifa de servicio general en media tensión (HM) de la región sur. La información de la clasificación de tarifas, regiones y su descripción se presenta en el *Anexo "B"*. En este anexo se presentan datos sobre tarifas eléctricas [CONAE, 2000].

Cabe mencionar que en diciembre de 1996 se hizo una reestructuración tarifaria. Este cambio se tradujo para el conjunto del IMSS en un incremento de precio. En efecto, antes de la reestructuración el conjunto del IMSS pagaba la tarifa OM que incluía todos los usuarios de mediana tensión que no sobrepasaban los 1000 kW de demanda de potencia máxima medida (DPMM). Este cambio se hizo de manera gradual, a la fecha de la reestructuración el rango debía de disminuir a 500 kW de DPMM. Para 1998 disminuiría aún más a 300 kW y para el año 2000 la disminución llegaría hasta los 100 kW de DPMM. Los usuarios que rebasaran esos parámetros caerían a la tarifa inmediata superior, la HM, como fue el caso del conjunto del IMSS.

En la fecha de la reestructuración, el precio por cargo de energía (kWh) en la tarifa OM se incrementó un 51.7% al pasar de \$0.29 a \$0.44, mientras que el precio por cargo de DPMM aumentó en un 24.7% (de \$49.39 a 61.59) (Véase gráfica 2.12 y tabla A.4 de anexos). En términos globales estos incrementos representaron \$23,811 pesos de gastos adicionales para el conjunto.

En términos prácticos este cambio no se hizo efectivo en el conjunto del IMSS en forma inmediata, dado que estaba ligado con el cambio de medidor, existente en ese momento, por otro que registrara los parámetros necesarios requeridos por la nueva tarifa (mediciones de energía consumida y de DPMM en los periodos: base, intermedio y punta). Fue hasta diciembre de 1998 cuando se hizo tal el cambio y en consecuencia, la tarifa H-M entró en vigor para el conjunto del IMSS.

La tarifa HM como se describe en el *anexo "B"* es una tarifa que toma en cuenta el horario de consumo. La energía y la potencia demandadas se monitorean en 3 horarios distintos: periodo en base, periodo en intermedia y periodo en punta. Siendo este último, en términos

de precios por cargo de la energía consumida 4 veces más cara que la energía consumida en el periodo en base. Además, la DPMM en el periodo punta es el parámetro principal para determinar la demanda facturable en el renglón de cargo por demanda que se aplica al conjunto.

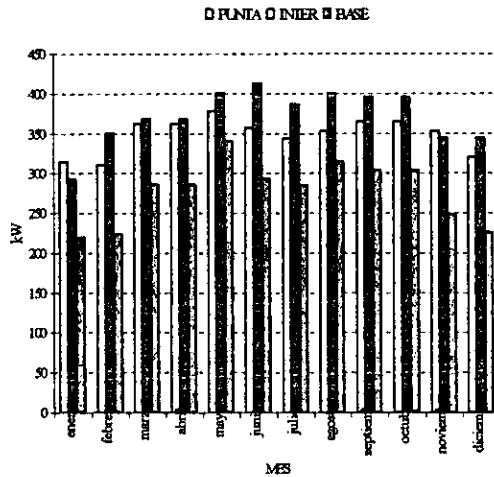
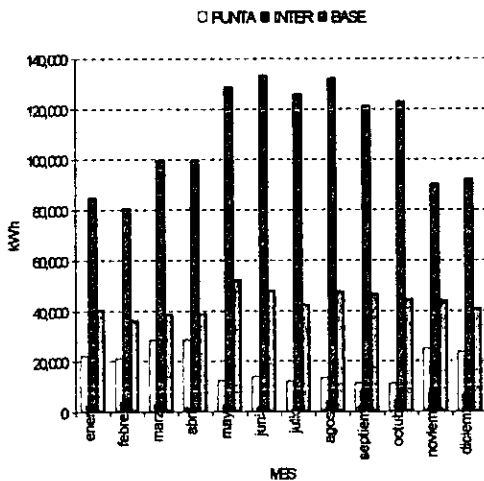
Esta reestructuración tarifaria que tuvo por objeto reflejar mejor los costos reales de producción de energía eléctrica de CFE, es actualmente un fuerte incentivo para que el conjunto del IMSS reduzca sus consumos de electricidad a través de medidas de uso eficiente y ahorro de energía.

Es evidente que después de esta reestructuración los tres elementos que el conjunto del IMSS puede controlar (hablando de la facturación eléctrica) son: cargo por energía, cargo por la demanda y cargo por penalización del factor de potencia, los cuales a continuación vamos a discutir.

En la *gráfica 2.10* muestra el consumo de energía eléctrica por horario en 1999. Vemos que el consumo eléctrico en el periodo en intermedia rebasa considerablemente a los consumos eléctricos de los periodos en base y en punta. El consumo en el periodo base se encuentra cercano a los 40,000 kWh y el consumo en el periodo en punta aunque bajó en los meses de mayo a octubre, en los meses de noviembre y diciembre aumentó a 20,000 kWh.

*Gráfica 2.10 Consumo de energía eléctrica por tarifa horaria (1999)*

*Gráfica 2.11 Demanda de potencia máxima (1999)*



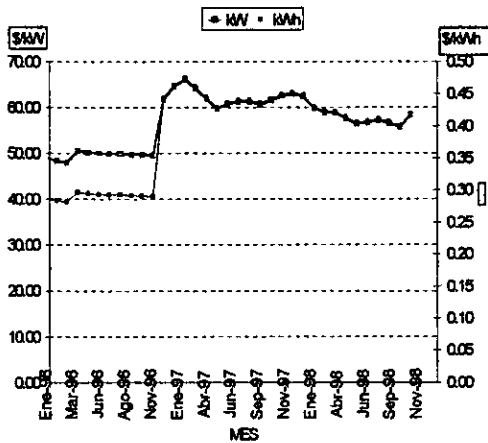
FUENTE: Facturas de CFE

FUENTE: Facturas de CFE

En la *gráfica 2.11* observamos que la DPMM en 1999 en el periodo en intermedia generalmente es el valor más alto, con excepción de los meses de enero y noviembre. En el periodo en intermedia llega al máximo valor en el mes de junio (413 kW) mientras que en el mes de enero alcanzaba su mínimo (293 kW). La DPMM en el periodo en intermedia promedia 372 kW. La DPMM del periodo en punta registró su mayor valor (378 kW) el

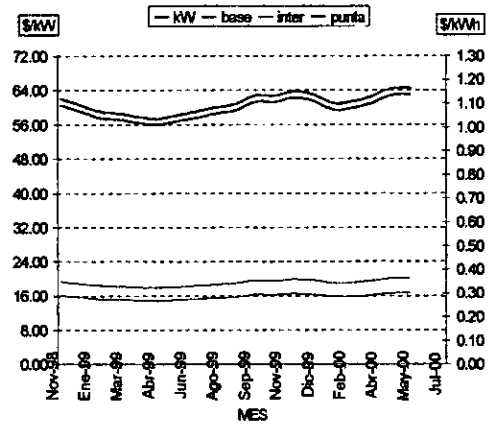
mes de mayo y el menor (311 kW) en el mes de febrero, con un promedio de 348 kW. Mientras que la DPMM en el periodo de base osciló entre 220 kW (en el mes de enero) y 341 kW (en el mes de mayo), con un promedio de 278 kW (véase Tabla A.6 en los anexos).

Gráfica 2.12 Costo de kW y kWh en la tarifa O-M



FUENTES: INEGI, 2000. CONAE, Página Internet.

Gráfica 2.13 Costo de kW y kWh en la tarifa H-M



FUENTES: INEGI, 2000. CONAE, Página de Internet

La gráfica 2.13 (véase tabla A.4 en anexos) presenta la distribución de los precios unitarios de la energía eléctrica según la tarifa HM vigente desde diciembre de 1998. En esta gráfica observamos una distribución similar en el precio por cargo de energía en el periodo en punta y el precio por cargo de demanda de potencia máxima facturable (DPMF). Los precios unitarios por cargo de energía consumida en el periodo en intermedia es un 20% mayor que la energía consumida en el periodo en base, mientras que el precio por cargo de energía en el periodo en punta es casi 400% mayor que la consumida en el periodo en base.

### 3.1 Características de la potencia del flujo eléctrico.

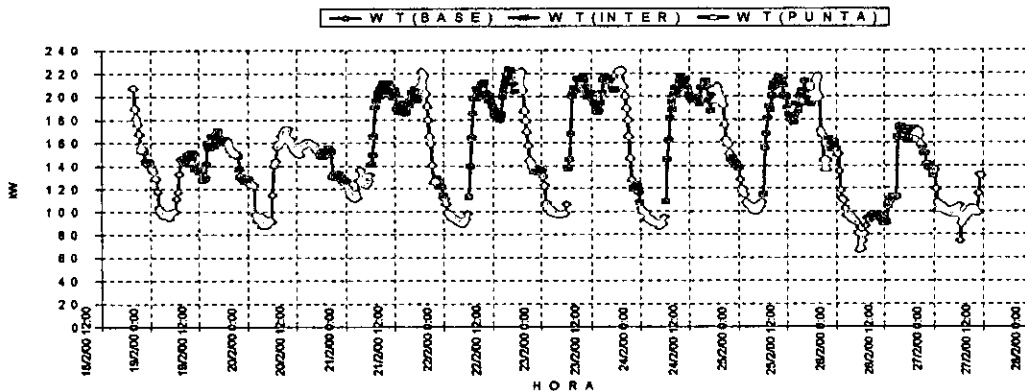
Para determinar la situación actual de la red eléctrica, en el transformador de 400 kVA se conectó un analizador de redes durante el periodo del 18 - 27 de febrero del 2000. En la tabla A.7 (en anexos) se muestran los parámetros eléctricos medidos: tensión, corriente, potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia, energía, potencia reactiva total, potencia capacitiva y frecuencia. En este trabajo de tesis suponemos que estas mediciones nos dan información de la distribución semanal de los parámetros eléctricos mencionados.

La gráfica 2.14 representa la potencia total desglosada en términos de la distribución horaria de potencia, en los periodos base, intermedia y punta de acuerdo a la tarifa HM. Respecto a la potencia total la gráfica 2.14 también muestra un desarrollo cíclico del comportamiento de la DPM bien definido. El comportamiento de la demanda de potencia eléctrica se desarrolla distinguiendo claramente los días de fin de semana (19, 20, 26, 27) y los días restantes. Los valores más bajos de demanda de potencia se registran en las

primeras cinco horas del día, de ahí tiene un incremento hasta lograr un pico entre las 10 y las 11 horas, posteriormente hace un descenso hacia las 13 y 14 horas, de este punto vuelve aumentar hasta alcanzar el valor máximo del día entre las 19 y las 20 horas. Por último, la demanda de potencia desciende hasta el mínimo mencionado.

En la *gráfica 2.14* la demanda de potencia del periodo en base es la parte mas baja de la curva. La demanda de potencia en el periodo en intermedia predomina en la serie y el día 22 alcanzó su valore máximo (221 kW). Por último, la demanda de potencia del periodo en punta alcanzó, el máximo valor de toda la curva, el día 23 a las 19:30 hrs. (223 kW). De esta gráfica se infiere que es importante disminuir lo más posible la demanda en los periodos intermedio y punta ya que ella determina la DPMF (véase *anexo B*).

*Gráfica 2.14 Distribución Horaria de la Potencia Eléctrica del Transformador de 400 kVA del Hospital.*



FUENTE: Datos propios

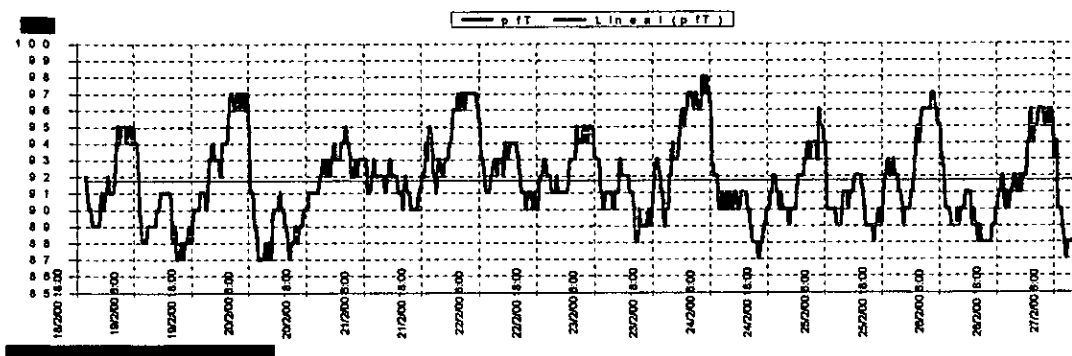
“El factor de potencia es un elemento muy importante en el diagnóstico energético ya que es indicativo de la eficiencia con que se está utilizando la energía eléctrica para producir un trabajo útil. Un bajo factor de potencia significa energía desperdiciada y afecta a la adecuada utilización del sistema eléctrico. Por esta razón se ofrece una reducción en las facturas de electricidad en instalaciones con un factor de potencia mayor de 90% y también se imponen cuotas si el factor de potencia es menor a la cifra señalada” [M. Pérez, 2000, p.41].

De los datos obtenidos en las mediciones obtenidas con el analizador de redes, el comportamiento del factor de potencia llama la atención. Si éste factor en la instalación es menor de 90% hay una penalización económica y cuando es mayor hay una compensación económica para el usuario (véase *anexo B*).

La *gráfica 2.15* representa el factor de potencia total. Como podemos observar en la gráfica el factor de potencia varía del 86% hasta el 99%. Los puntos más bajos (87%) suceden durante el turno matutino y los más altos en el turno nocturno, entre 2.30 y 5:30 am. La línea de tendencia de la gráfica, muestra que el factor de potencia promedio (por lo menos en el periodo de las mediciones) esta muy cercano al límite inferior estipulado por la

compañía suministradora (CFE) y mucho puntos queda por debajo de éste. Como mencionamos el promedio de éste parámetro no debe bajar de 90% para evitar posibles penalizaciones económicas.

*Gráfica 2.15 Factor De Potencia Total Eléctrica Del Transformador De 400 Kva Del Hospital.*



Del análisis de la demanda eléctrica realizada en esta sección podemos inferir que las siguientes medidas tienen un potencial de ahorro de energía importante en el hospital que estudiamos.

- M.4 Disminuir la demanda de potencia eléctrica en los periodos intermedio y punta.
- M.5 Dar seguimiento al factor de potencia para evitar penalizaciones.
- M.6 Disminuir el consumo de energía eléctrica en el periodo punta.
- M.7 Reducir el consumo de energía en el horario intermedio.
- M.8 Incrementar los consumos de electricidad en el periodo base



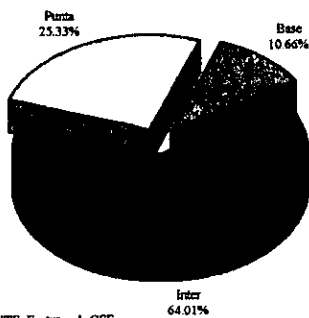
Finalmente en la tabla 2.1 presentamos el consumo y el precio de los energéticos totales del conjunto del IMSS de 1999.

*Tabla 2.1 Consumo y precios de energéticos del conjunto IMSS (1999).*

**ELECTRICIDAD:**

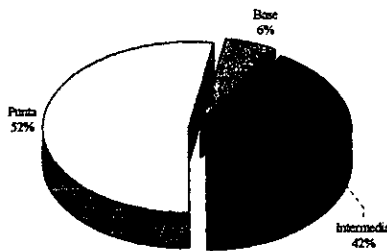
* Consumo anual de energía:	2,047,040 kWh/año.
* Costo anual por cargo de energía:	926,491 pesos
* Demanda de potencia promedio facturable:	367 kW
* Costo anual por cargo de demanda de potencia:	290,349 pesos
* Costo promedio del kWh	0.59 pesos
* <b>COSTO TOTAL ANUAL.</b>	<b>1,216,840 pesos</b>

• Tipología del consumo eléctrico:



FUENTE: Facturas de CPE

• Tipología del costo de consumo eléctrico:



FUENTES: Facturas de CPE; CONAE, Página Internet, INEGI, 2000

<b>Base:</b>	518,480 kWh/año
<b>Intermedia:</b>	1,310,400 kWh/año
<b>Punta:</b>	218,160 kWh/año

<b>Base:</b>	53,568 \$/año
<b>Intermedia:</b>	384,665 \$/año
<b>Punta:</b>	488,258 \$/año

**DIESEL:**

• Consumo:	648,046 lts./año.
• Precio medio del litro:	3.94 \$/lto.
• Costo:	2,553,301.00 \$/año

**CONSUMO ENERGÉTICO TOTAL (electricidad + diesel)**

* Consumo energético total:	8,535,925 kWh/año
* Costo total:	3,760,141 \$/año
* Precio unitario promedio:	0.44 \$/kWh

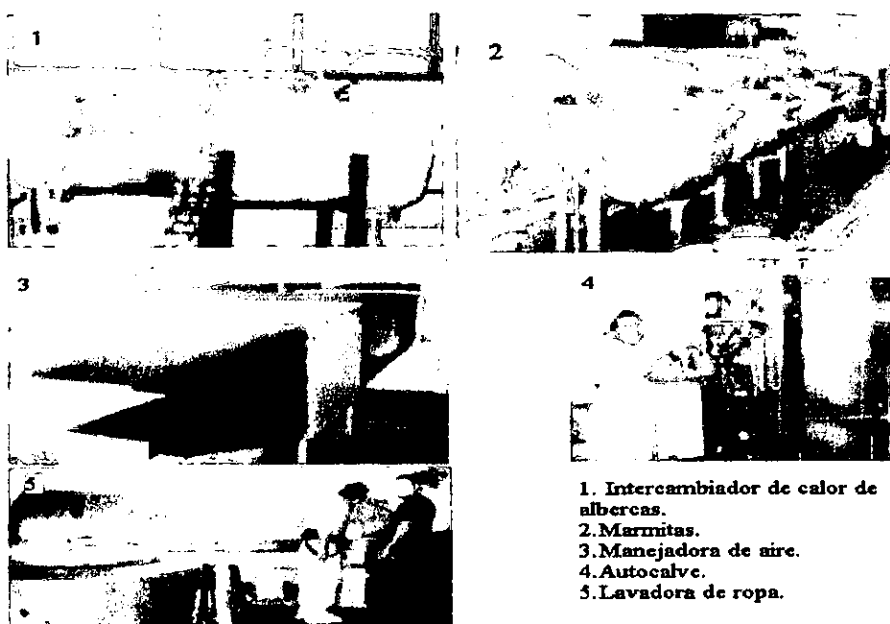
#### 4. USOS FINALES TÉRMICOS DEL HOSPITAL.

“Independientemente del tipo de metodología aplicada, como resultado siempre se obtendrá una cantidad de energía por uso final y deberá indicar también su potencial de ahorro de energía” [CADET, 1997, p.10]. Siguiendo esta recomendación en esta sección determinaremos el uso final térmico del conjunto del IMSS y procederemos a indicar medidas potenciales de uso eficiente y ahorro de energía.

El vapor generado en la casa de máquinas del hospital tiene los siguientes usos finales: esterilización con autoclaves, cocción con marmitas, calefacción usando manejadoras de aire, calentamiento de agua sanitaria con un intercambiador de calor de tubo de hierro negro, lavado de ropa en las máquinas lavadoras y calentamiento del agua de albercas con un intercambiador de calor de tubos de cobre. Este último concepto no aparece en la literatura, sin embargo, en el IMSS es común encontrar un hospital dentro de un conjunto donde hay una Unidad Deportiva, y se aprovecha la generación de vapor del hospital para calentar la alberca. *La figura 2.3 muestra algunos de estos usos finales. La mayoría de los usos finales mencionados coinciden con lo registrado por la literatura [AHA, 1976, p.179; EECA, 1998; ACEB, 2000; DOE, 2000]*

Podemos mencionar que entre los usos finales de nuestro caso, hay unos que son exclusivos del hospital (esterilización, cocción de alimentos y calefacción de espacios). Otros que el hospital comparte con otras unidades. (Lavandería y calentamiento de agua sanitaria). Y el último únicamente se utiliza en la unidad deportiva (calentamiento de agua de albercas). Este no tiene ninguna relación con los servicios del hospital. A continuación abordamos cada uno de ellos.

*Figura 2.3. Usos finales térmicos del conjunto del IMSS*



### 4.1 ESTERILIZACIÓN.

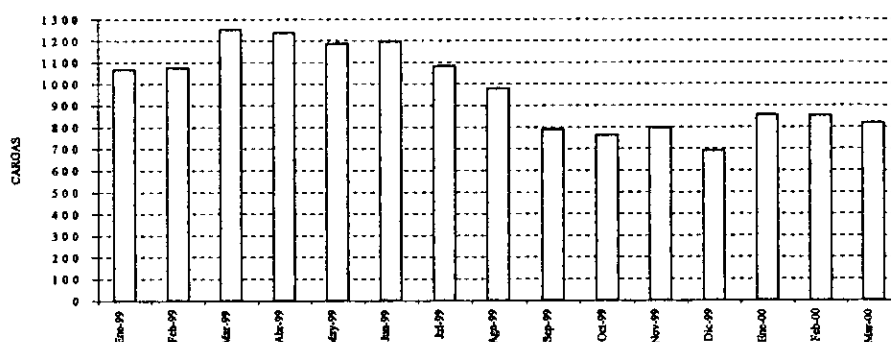
“Es absolutamente indispensable que el hospital cuente con instalaciones y equipos para la esterilización de equipos y artículos médicos y quirúrgicos. Los autoclaves sirven para tales fines. Los autoclaves operan normalmente a 250 °F (121 °C) y una presión de 15 libras por pulgada cuadrada (2.2 kg/cm<sup>2</sup>). Esta condición de vapor saturado (vapor en presencia de agua) a presión, es el método de mayor confianza conocida hasta el presente para destruir todas las formas de vida microbiana” [AHA, 1976, p.147]. Este mismo autor define esterilización como: “ *un procedimiento que destruye toda forma de vida perjudicial o no, microbina o no*” [AHA, 1976, p. 146].

Se utiliza el vapor para esterilizar, puesto que “posee la singular propiedad de poder calentar materiales, y particularmente de penetrar sustancias porosas por el relativamente rápido proceso de condensación, opuestamente al proceso muy lento de la absorción del calor cómo en el caso del aire caliente o cualquier otro gas usado como el medio de calentamiento” [AMSCO, s/f, p.1.9].

En la parte del hospital hay 7 Esterilizadores de vapor (autoclaves), los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente manera: 2 en la Central de Esterilización y Equipos (CEYE) de Quirófano planta alta para esterilizar ropa e instrumental quirúrgico. 2 en SUBCEYE para esterilizar ropa e instrumental quirúrgico de Tococirugía. Uno en el laboratorio para activar y desactivar medios de cultivo bacteriológico. Otro en banco de leches de Dietología donde se prepara el material y alimento de los niños hospitalizados. Y el último, en el incinerador que se adaptó para desactivar los desechos infecto-contagiosos del hospital.

El servicio de esterilización es indispensable todo el año en el hospital. Esta se realiza en los diferentes servicios con los horarios siguientes: en CEYE y SUBCEYE se trabaja las 24 horas del día. En el Banco de leches se trabaja en el turno matutino (7:00 a 15:00 hrs.). Por último, el laboratorio y el incinerador utilizan el autoclave en el turno matutino de lunes a viernes. La *gráfica 2.16* muestra las cargas registradas en los diversos servicios durante 1999 y del primer trimestre del 2000 (*véase tabla A.8 en anexos*).

*Gráfica 2.16 Cargas de trabajo de los autoclaves del Hospital en 1999 y primer trimestre de 2000*



FUENTES: Registros de información mensual de los servicios.

La gráfica registra un descenso a partir del séptimo mes de 1999. Sin embargo, a partir del mes de septiembre se ve una clara tendencia a estabilizarse en alrededor de ochocientas cargas.

En las mediciones realizadas en el mes de enero del 2000, en el autoclave de SUBCEYE, se determinó que para cada carga de un autoclave del hospital se necesitan 7 litros de agua convertida a vapor, los cuales son vertidos al drenaje después de su utilización. La demanda térmica estimada<sup>8</sup> por este uso es de  $184 \text{ m}^3$  (metros cúbicos por año), y su consumo térmico anual de  $0.394 \text{ TJ}$ . Los cálculos de consumo de vapor para este uso final se encuentran en la *tabla A.9 (en anexos)*. Y los cálculos de la energía demandada, se encuentran en la *tabla A.10 (en anexos)*.

Cabe mencionar que de los ramales que alimentan de vapor a los autoclaves se derivan de conexiones para alimentar otros servicios, los cuales trabajan en forma intermitente o se utilizan durante cortas temporadas. Por ejemplo, las manejadoras de aire acondicionado están conectadas al mismo ramal al que está conectado un autoclave. Las manejadoras requieren vapor por un periodo de tiempo corto, a lo sumo 4 meses del año. Debido a esto la medida M.9 podría representar un significativo ahorro de energía.

#### M.9 Rediseño de la red de vapor, donde se tiendan ramales directos a los principales centros de esterilización.

Finalmente en cada uno de los pisos de hospitalización se cuenta con un esterilizador de cómodos (7 equipos). Para calcular su consumo consideraremos el cálculo que realizó el IMSS (1997, p.9.6) en donde presenta en una tabla de la cantidad de lavacomodos existentes y la cantidad de vapor necesario para esterilizarlo. En el hospital se tienen 7 lavacomodos, se necesita la cantidad de  $10.6 \text{ kg/h de vapor}$ , con lo cual se obtiene una suma total anual de  $92.8 \text{ m}^3$  de vapor y un consumo anual de energía de  $0.156 \text{ TJ}$ . (*véase tablas A.9 y A.10 en anexos*)

#### 4.2 CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA.

Para calentar el agua utilizada en el conjunto, se usa vapor a la presión de 4.5 a 7  $\text{kg/cm}^2$  y temperatura entre  $147.92 - 164.96 \text{ }^\circ\text{C}$ . El vapor pasa a través de un intercambiador de 4 pasos fabricado con tubo negro cédula 80 de 1" diámetro. Hay dos intercambiadores de este tipo, los cuales son utilizados para calentar el agua requerida. Cada uno está instalado dentro de un tanque con capacidad de  $10 \text{ m}^3$  de agua. Como todas la instalación de agua caliente está presurizada, la demanda de este líquido en los servicios, determina la cantidad de agua que se ha de calentar. Cabe mencionar que este requerimiento se incrementa por las continuas fugas que se han verificado.

<sup>8</sup> Por falta de un instrumento de medición adecuado, se utilizó la "técnica de vapor condensado" de medición indirecta. La técnica de vapor condensado se realiza de la siguiente manera: la salida de vapor se conecta, como sea posible, a un recipiente que contenga una cantidad conocida de agua helada, al final del proceso, se mide el agua del recipiente, la diferencia del agua inicial y final en el recipiente será la cantidad de vapor objeto de nuestra medición.

Se hicieron mediciones con un medidor de flujo ultrasónico y se determinó que la demanda diaria es aproximadamente de  $57.6 \text{ m}^3$ , la demanda total anual de  $21,024 \text{ m}^3$  (305 litros / cama-día) y el consumo anual de energía de  $2.43 \text{ TJ}$ . (véase cálculos en tablas A.9 y A.10 en anexos)

La instalación de agua calientes está conectada una bomba recirculadora. La función de esta es mantener el agua a la temperatura requerida por los servicios. Generalmente se calienta el agua a  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  y algunas veces un poco más. La red de agua caliente está deteriorada, con aislante dañado y en algunos casos sin este. Y debido a este deterioro de la instalación continuamente hay fugas.

Son muchos los elementos que intervienen para disminuir el consumo energético de este uso. Entre los cuales está lo propuesto por W. A. Hyman (1998,p.52) y S. Dubin (1978, p.195) “ Los tres factores más importantes en el ahorro de energía en el agua caliente son: el control de fugas, la temperatura del agua y los hábitos de los usuarios”, así como, el aislamiento de la red, etc.

Finalmente, para hacer un mejor uso del consumo de este fluido destacan las medidas potenciales siguientes:

M.10 Cambio de aislante dañados.

M.11 Rehabilitación de la red de agua caliente.

M.12 Control y reparación inmediata de fugas de agua.

M.13 Disminuir la temperatura de calentamiento del agua a  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### 4.3 COCCIÓN.

El vapor en la cocina del hospital se utiliza esencialmente para cocción de alimentos y una pequeña parte para mantenerlos calientes mientras se sirven. Sin embargo el consumo principal es para la su cocción. También “en la cocina la esterilización de loza, así como la preparación (cocción) de alimentos y el lavado utilizan vapor de bajo nivel” [ACEB, 2000, p.2]

Las marmitas son los utensilios utilizados para cocción de alimentos y escaldado<sup>9</sup> y cocción de embutidos [G. Paltrinieri, 1995, p.64]. Son ollas de acero inoxidable de grandes capacidades (50 a 100 litros). Las marmitas por norma de seguridad deben de trabajar a  $2 \text{ Kg/cm}^2$ .<sup>10</sup> El hospital cuenta con cinco marmitas relativamente nuevas. Su consumo de vapor se determinó con el uso de un Medidor de Flujo Ultrasónico. Según las diferentes mediciones realizadas el 3 de febrero del 2000, se obtuvo que requieren  $1,423.5 \text{ m}^3$  de vapor y tienen un consumo de energía anual de  $1.88 \text{ TJ}$ . (véase cálculos en la tablas A.9 y A.10 de los anexos)

En el área de cocción se detectan dos medidas potenciales de ahorro de energía. La primera es colocar las tapas en las cinco marmitas ya que solamente una cuenta con ella. Y la

<sup>9</sup> Escaldado: Bañar en agua hirviendo una cosa

<sup>10</sup> Guía de instalación de marmitas, Intertécnica, S.A. manufacturas mecánicas, INTER \* marmitas.

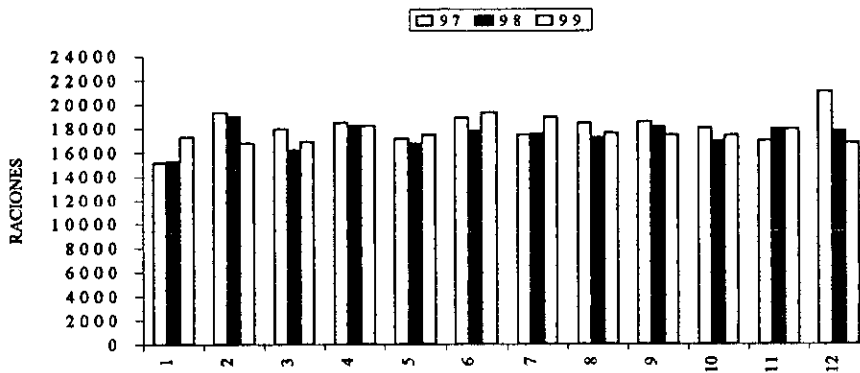
segunda medida es intensificar el mantenimiento en la red de vapor ya que todas las marmitas tenían por lo menos una fuga; en el momento de las mediciones, el vapor total fugado sumó un débito de 3.3 lpm.

M.14 Colocar tapa a marmitas.

M.15 Intensificar el mantenimiento preventivo y correctivo a la red de vapor.

La gráfica 217 muestra las raciones alimenticias servidas en el hospital en el periodo comprendido entre los años 1997 a 1999. Como se puede ver en la gráfica 2.17 la demanda de raciones alimenticias se ha mantenido en lo general constante. (véase datos en la tabla A.11).

Gráfica 2.17 Raciones alimenticias servidas en el hospital en el periodo 1997-1999



FUENTE: Informe mensual del servicio

#### 4.4 CALEFACCIÓN DE ESPACIOS.

El servicio de la calefacción de las principales áreas del hospital se hace calentando el aire inyectado por 7 manejadoras distribuidas en lugares estratégicos. Este servicio se administra dependiendo las condiciones climáticas y las necesidades sentidas por los usuarios de cada una de las áreas. “Las condiciones del aire en un hospital son diferentes, según el riesgo de las áreas, clasificadas en: de alto riesgo o críticas, de riesgo intermedio o semicríticas, de riesgo bajo o no críticas [G Malagón, 1996, p.179].

El introducir aire a las áreas blancas ofrecen diferentes problemas. S. Jakélius (1996, p.4) menciona “para el control del sistema climático, las necesidades médicas incluyen restricciones de flujo de aire en los edificios para minimizar la propagación de contaminantes y una posible infección.” Y añade “en Quirófanos y Unidades de Cuidados Intensivos, sobre el requerimiento se le agrega una filtración de aire y un estricto mantenimiento.”

El servicio de Calefacción de los espacios prioritarios del hospital se requiere dependiendo las características climáticas. En la ciudad de Aguascalientes se requiere de este servicio en la temporada de temperaturas bajas. En esa ciudad, la temporada fría no dura más de 4

meses. Se procedió a estimar el consumo energético de este uso final utilizando el método propuesto por CADEM (1983, P.357). Los resultados obtenidos son: una demanda anual de vapor de 1,805 m<sup>3</sup>, un consumo anual de energía de 3.18 TJ. (véase detalles del cálculo en las tablas A.9 y A.10)

Para un uso más eficiente de la energía térmica en este uso final se propone la medida potencial siguiente:

**M.16 Seccionamiento de los ramales de vapor hacia las casetas para proceder a su cierre cuando no se les requiera.**

**4.5 LAVADO DE ROPA.**

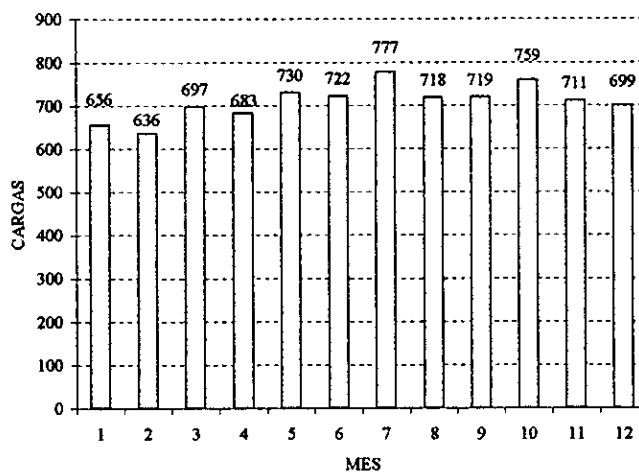
La planta de lavado regional se encuentra ubicada junto al hospital y está conectada a la red de vapor y agua caliente del hospital. La planta de lavado hace el servicio de lavado de ropa de los dos hospitales de la Delegación estatal del IMSS en Aguascalientes y de todas las unidades de medicina familiar de la misma Delegación estatal del IMSS.

El servicio de lavandería es uno de los usos final térmicos de mayor consumo de vapor en un hospital. Además, como se aplica el vapor directo en forma manual a las máquinas lavadoras es un área donde hay grandes desperdicios de energía.

El vapor se utiliza en forma directa para calentar el agua hasta 85 °C, el encargado de Conservación del área aduce, que esta calidad de vapor es un requerimiento normado por el IMSS.

La gráfica 2.18 presenta la distribución mensual de las cargas por máquina lavadora en el año 1999 (véase datos en tabla A.12 de los anexos).

*Gráfica 2.18 Cargas en las máquinas lavadoras de ropa de lavandería en 1999.*



FUENTE: Reporte diario de lavado.

En la gráfica podemos observar que se alcanza un promedio de 700 cargas mensuales. Los valores van desde 636 cargas en el mes febrero hasta 777 cargas en el mes de julio.

Este servicio consume diariamente mas de 65,000 litros de agua, de los cuales cerca de 17,000 son de agua caliente (*véase tabla A.13*). A su vez, la parte importante de esta agua caliente tiene temperaturas cercanas a los 85 °C. Finalmente, todo este líquido, que en realidad son aguas jabonosas, se desecha por el drenaje. Resultaría interesante ver su pertinencia para precalentar agua.

Se estimó que éste servicio requiere anualmente 6,181.6 m<sup>3</sup> de vapor y un consumo energético 2.99 TJ (*véase datos en las tablas A.9 y A.10 de los anexos*).

Por las cantidades de agua utilizada en el área, es recomendable que el servicio de lavandería genere su propia agua caliente con la cantidad y temperatura que requiere. Proponemos entonces precalentar el agua con el calor de desecho de las aguas jabonosas.

Es importante además que se “usen las lavadoras y planchadoras solamente con carga completa, para reducir el numero de ciclos diarios” [Natural Resources Canada, 1982, p.55]. Por lo tanto las medidas potenciales de ahorro y uso eficiente de energía en este uso final son:

- M.17 Que en el servicio de lavandería se caliente el agua que necesita.
- M.18 Precalentar el agua utilizando el calor de las aguas jabonosas.
- M.19 Usar cargas completas en las lavadoras para reducir el número de ciclos diarios.

#### 4.6 CALENTAMIENTO DE AGUA DE ALBERCAS.

En nuestro estudio de caso se calientan aproximadamente 1200 m<sup>3</sup> de agua de una alberca y una fosa de clavados de la Unidad Deportiva.

Los calculos para determinar la cantidad de vapor necesario para calentar el agua de albercas se muestra en la *Tabla A.14 (en anexos)*. Las mediciones se hicieron con el Medidor de Flujo ultrasónico en el mes de enero del 2000.

Es importante mencionar que si bien no hay un servicios de hospital propiamente dicho, el consumo de vapor de este uso final representa el 25% del consumo térmico total. Su consumo energético anual que estimamos es de 4.78 TJ, que corresponde a una demanda anual de vapor de 2,850.5 m<sup>3</sup>. (*véase datos en tablas A.9 y A.10 de anexos*).

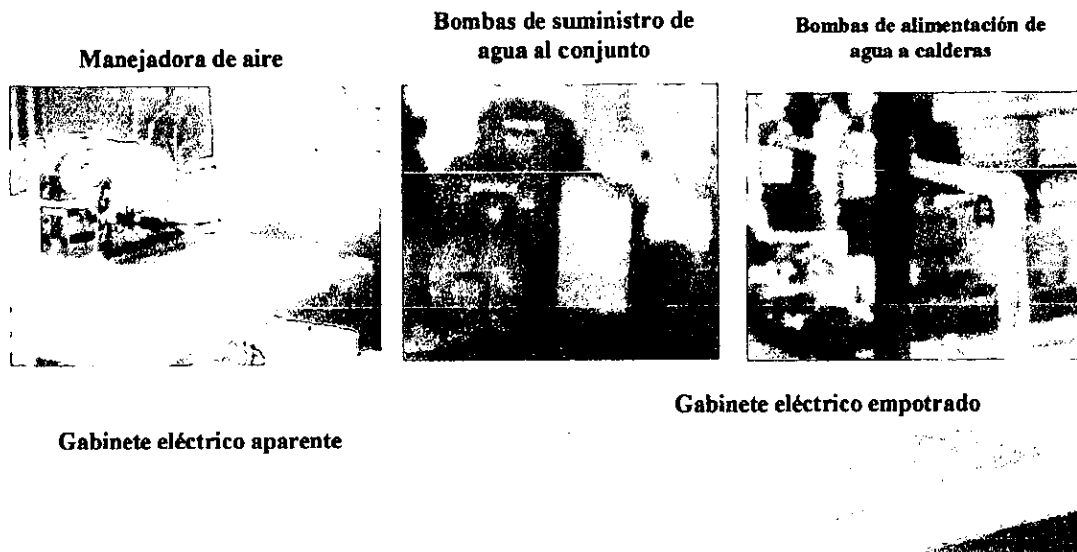
Finalmente, queremos recalcar la función importante del mantenimiento del sistema de distribución de vapor. Como lo propone ACE<sub>B</sub> (2000, p.5) “Cuidar el sistema de distribución de vapor nos da una de las mejores oportunidades de ahorrar. El costo de mantenimiento a trampas de vapor y el revisar que no existan fugas en las uniones de las tuberías y en las válvulas, requiere de una inversión de capital muy pequeña o casi nula. Dar entrenamiento cuidadosamente completo y a la vez apropiado al equipo de mantenimiento siempre será una buena inversión”



## 5. USOS FINALES ELECTRICOS DEL HOSPITAL.

Los principales usos finales eléctricos del conjunto son: equipos electromédicos, iluminación, motores utilizados para bombeo, aire comprimido y elevadores; aire acondicionado y refrigeración. Algunos de estos usos se encuentran en la *figura 2.4*.

*Figura 2.4. Algunos usos finales eléctricos del conjunto del IMSS.*



Para definir estos usos en la parte del hospital se tienen los datos de iluminación, de los principales motores usados en el hospital y de los principales equipos de aire acondicionado y refrigeración.

### 5.1 EQUIPOS ELECTROMÉDICOS.

“Anteriormente, el equipo médico de los hospitales consistía en aparatos de succión, vaporizadores, incubadoras, lámparas de quirófano, mesas de operaciones, esterilizadores y cosas por el estilo, pero la lista de los equipos ha aumentado de tal manera que ahora se incluye equipo fisiológico, equipo electrónico, equipos de inhaloterapia y muchos más” [AXA, 1976, p.21]. En efecto, hay muchos tipos y varían de hospital a hospital. Sin embargo, su consumo de energía sigue siendo una pequeña fracción de la total consumida por los hospitales [S. Jakélius, 1996, p.46].

“La prestación de los servicios de salud requiere de gran variedad de equipos y elementos con diversos grados de complejidad, los que continuamente son fabricados e incorporados a la práctica médica, como medios de ayuda a los profesionales. Actualmente el universo de aparatos médicos supera los 6,000 tipos distintos o nombres genéricos y más de 750,000 marcas, modelos y tamaños que van desde aparatos sencillos y desechables hasta equipos de gran complejidad, para cirugía láser, resonancia magnética, tomografía computarizada, etc.” [G Malagón, 1996, p.231]. En el hospital actualmente hay muchos de los aparatos mencionados.

Es difícil determinar la cantidad de energía requerida para ese uso, sin embargo tomando en cuenta el consumo de los equipos más grandes se estimó, que su consumo anual es alrededor de 174,000 kWh/año.

## 5.2 ILUMINACIÓN.

La iluminación en los hospitales es uno de los usos finales de mayor consumo de energía eléctrica, por lo tanto, “el ahorro de energía por iluminación artificial llega a ser de primera importancia en hospitales, puesto que muchas áreas del edificio la utilizan además de las horas de la noche” [M. Santamouris, 1994, p.301].

“Los requisitos de iluminación en centros hospitalarios están definidos en función de las diferentes áreas del edificio, y también de la amplia gama de condicionantes visuales determinados por las necesidades de los distintos usuarios, ya sean pacientes, personal médico, auxiliares, personal de limpieza y administrativos. En algunos casos prevalecerán los requisitos del personal médico, y en otros la comodidad y el confort visual del paciente” J. J. González (1999, p.1).

Todas las áreas del hospital tienen sus niveles de iluminación bien definida. Por lo que debe de tenerse en cuenta las características requeridas ya sea en habitaciones, pasillos, salas de exploración, salas de operaciones, de terapia intensiva, de urgencias, de Rayos “X”, laboratorio, administrativos y oficinas.

“La luz del día es, por supuesto, por mucho el tipo más cómodo de iluminación para el ojo humano. El diseño de áreas usadas por pacientes se debería proveer siempre por ventanas grandes. Su tamaño, orientación y la posición en salas deben proveer los niveles suficientes de iluminación, y le debería dar una vista de los alrededores y el cielo. Esto agrega al sentimiento de paciente de contacto con el mundo, que es importante, psicológicamente, para la salud” [CADDET, 1997, p.7]. Además debemos de “Tomar ventaja de las posibilidades de la iluminación de día y reducir la luz artificial durante los periodos de luz natural” [Natural Resources Canada, 1982, p.48]. En consecuencia se puede lograr disminuir los días estancia de los pacientes hospitalizados hasta un 10% [D. Loe, 2000, p. 26]

El primer elemento que debe analizarse es el nivel de iluminación en cada una de las áreas [M. Santamouris, 1994, p.301], puesto que “una pobre calidad en iluminación puede hacer que las mejores instalaciones se vean de baja calidad. Además, sus empleados dependen de una iluminación apropiada para desarrollar sus tareas más eficientemente. El buen comportamiento de un hospital como en el caso de los hoteles [ACE, 2000, p.1] depende de un buen sistema de iluminación para propósitos de seguridad.

Dentro de los diferentes aspectos que debe considerar la iluminación, existen usos prioritarios por la importancia que en hospitales tiene su evaluación: el color, la luz ambiental, la iluminación de emergencia y la posible interferencia que proporcione [J.J. González, 1999, p.4].

Una vez conocidos los requisitos de la iluminación en las áreas, tanto los niveles de exigencia funcionales como de establecimiento de unas condiciones de confort para todos los usuarios, se deben de ver las posibilidades de reducción de costos energéticos según cada tipo de sistema luminario - lámpara, teniendo presente que siempre se debe de superar los mínimos establecidos (véase tabla A.15) [J. J. González, 1999, p.4].

Para lograr los niveles de iluminación recomendados (véase Tabla A.15), hay muchas posibilidades de utilizar los arreglos existentes en el mercado. “Un sistema de iluminación puede dividirse en cuatro partes: lámparas, balastos, gabinetes y controles, y es muy grande el número de combinaciones posibles” [S. Jakélius, 1996, p.40].

Las lámparas son el principal elemento en esta aplicación. Por esto, con el cambio de las existentes por otras más eficientes se logran modificaciones en los niveles de iluminación y ahorros considerables. Entre los cambios más importantes en este renglón se encuentran: los cambio de lámparas incandescentes por fluorescentes compactas, los cambios de lámparas fluorescentes tradicionales T12 (de 40 w. y 75 w) por las más eficientes de T8 y T6, las cuales dan mejor rendimiento lux/w. y mayor tiempo de vida. Además para lograr mayores impactos, se recomienda iniciar por las lámparas que se utilizan las 24 horas del día [ACEA, 2000, p.1].

Los balastos son elementos necesarios para proveer la potencia eléctrica adecuada a las lámparas de descarga. En el mercado hay dos tipos de balastos: tipo electromagnético y tipo electrónico. El primer tipo de balastro es el que tradicionalmente se ha utilizado. El segundo tipo de balastro, el electrónico es un dispositivo más confiable, con menos consumo de energía, menos ruido, de menor peso y más eficiente.

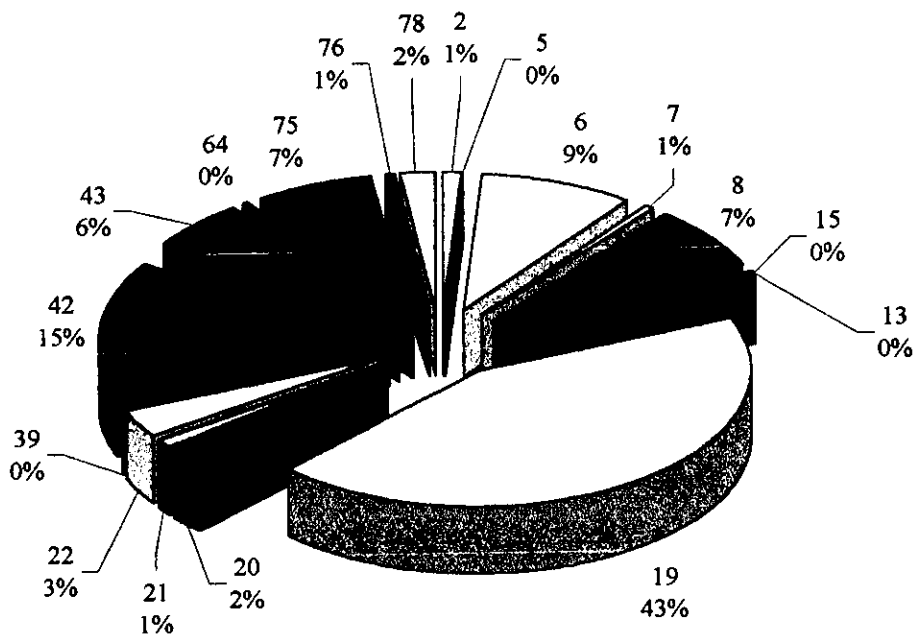
Los gabinetes son los recipientes donde se colocan las lámparas y tienen la función de distribuir adecuadamente la iluminación. Sus principales elementos son: el gabinete, el reflector y el difusor.

Los controles son elementos importantes en el ahorro de energía, ya que, con una buena programación y utilización se logran ahorros importantes con poca inversión. Ellos se clasifican en manuales y automáticos. Los controles manuales son generalmente interruptores que pueden ser utilizados en forma individual (para control de una sola lámpara) o por grupo (controlan un grupo de lámparas). Los automáticos son principalmente detectores de presencia y “timers”, y controlan el encendido y apagado principalmente de grupos de lámparas. El uso adecuado de los controles es un recurso económico de ahorro de energía. Como lo afirma Natural Resources Canada (1982, p.45) “Probablemente de mayor eficiencia en los procesos de operación para reducir el consumo de energía del sistema de iluminación es apagar las lámparas de las áreas que no están en uso”.

En la *tabla A.16* se muestra la distribución de gabinetes por código en el hospital, los cuales suman 2,211. La demanda de potencia eléctrica total debido a la iluminación en la parte del hospital es de 1,647.5 kW/año y su consumo de energía es de 932,256 kWh/año.

En la *gráfica 2.19* se presenta la distribución de gabinetes en la parte del hospital. En la *tabla A.17* se presentan los códigos de los gabinetes y sus especificaciones.

*Gráfica 2.19 Distribución de gabinetes por código en el hospital*



FUENTE: Datos propios

De todo lo anterior y para mejorar el uso energético por este medio, podemos proponer las siguientes medidas:

- M.20 Cambio de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas.
- M.21 Cambio de las lámparas fluorescentes de 122 cm. T12 (32 w, 34 w, 38 w, 39 w, y 40 w) por lámparas de 32 w. T8.
- M.22 Cambio de las lámparas fluorescentes de 75 w y 60 w por lámparas de 59w T-8.
- M.23 Intensificar el mantenimiento preventivo de limpieza de gabinetes y difusores.
- M.24 Seccionar áreas de iluminación para programar su apagado, durante el tiempo que no se utilizan y/o los requerimientos se cubren con luz natural.
- M.25 Identificación y rotulado de los interruptores de apagado de alumbrado diurno y nocturno en tableros de control del hospital.
- M.26 Activación de los "timers" instalados para el encendido y apagado de alumbrado.
- M.27 Instalación de "timers" para el control automático de iluminación.
- M.28 Programación de la rutina de encendido y apagado de alumbrado.

Finalmente como “la iluminación de emergencia es fundamental para los desplazamientos internos y áreas en las que la vida humana y la seguridad corren peligro en caso de ausencia de iluminación” [J.J. González, 1999, p.1] en la parte del hospital se tiene una planta de emergencia provista con un control automático para que genere energía eléctrica en el instante que detecte cualquier falla, por pequeña que esta sea.

### 5.3 MOTORES

“Los motores se usan ampliamente en los edificios (hospitales) con bombas, ventiladores y elevadores. Hay un potencial de ahorro de energía en este campo, porque en muchos casos están sobre diseñados o trabajando cuando no se necesitan. El propósito es reducir el consumo de energía sin deteriorar el desempeño” [D. S. Lockie, 1999, p.4].

En el conjunto los principales motores se usan para bombeo de agua, compresores y elevadores. Hay una gran variedad de motores, tanto en marcas, duración de vida y tamaños. En la *Tabla A.18* se presentan los datos de los principales motores de la parte del hospital. Y su demanda de potencia anual se estima que es de 392 kW/año y su consumo estimado de energía anual es de 269,093 kWh/año.

Actualmente se fabrican motores de alta eficiencia y alto factor de potencia como lo menciona D. S. Lockie (1999, p.4) “La nueva generación de motores de alta eficiencia tiene una eficiencia que superan en más de 6% que los anteriores y usualmente tiene un alto factor de potencia.”

Las principales acciones a proponer en este apartado son:

- M.29 Programación de mantenimiento preventivo a motores.
- M.30 Trabajar los motores únicamente cuando se necesiten.
- M.31 Reposición de los motores quemados por motores de alta eficiencia.

### 5.4 AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACIÓN.

“ El uso del aire acondicionado en hospitales presenta mas problemas que en los otros edificios. La diferencia básica entre el aire acondicionado para hospitales (y para los servicios relacionados con la salud) y otros tipos de edificios surge de 4 requerimientos médicos:

- La necesidad de restringir el movimiento del aire en y entre varios departamentos.
- Estrictos requerimientos para ventilación y filtración para diluir la expansión de contaminación en forma de olor, microorganismos y virus aireportadores, así como químicos peligrosos y sustancias radioactivas.
- Los diferentes requerimientos de temperatura y humedad relativa para cada una de las áreas.
- La necesidad de controles sofisticados para mantener las condiciones climatológicas satisfactorias” [S. Jakélius, 1996, p.34]

“Para mantener los niveles de confort para pacientes la temperatura de entrada en hospitales es usualmente mayor de 1 a 4 °C que otros tipos de edificios. Una temperatura típica para cuartos de pacientes es 22 °C. Este valor mínimo se puede mantener durante la parte fría del año y solo se puede permitir que suba hasta 26 °C durante los meses calientes” [CADET, 1997, p.7].

En el hospital se prestan los servicios de extracción de aire, ventilación, enfriamiento y calefacción de espacios y refrigeración. Actualmente los equipos existentes en el hospital que estudiamos están deteriorados y las instalaciones y ductos necesitan ser reparados.

Existen conflictos entre requerimientos de temperatura en las diferentes áreas del hospital. Un ejemplo que quiero recalcar es el de los quirófanos, mientras que, para mantener el ambiente general se requiere la calefacción, en las horas de trabajo en las salas de operación se requiere enfriamiento.

En cada una de las áreas siguientes: la torre de hospitalización, tococirugía, unidad de cuidados intensivos (UCI) y urgencias hay una manejadora de aire tipo multizona, con las cuales se satisfacen sus necesidades de enfriamiento a través de una red centralizada de agua helada, la cuál se enfría en un banco de agua helada. En este banco se cuenta con 4 equipos shiler con capacidad de 60 toneladas cada uno. Sin embargo, hay que mencionar que a la fecha solamente uno está en operación. Los otros tres equipos están fuera de servicio, ya que por falta de presupuesto los equipos restantes se han desmantelado, quitando piezas a éstos, para mantener uno en funcionamiento.

Para satisfacer las necesidades de climatización de las áreas de quirófanos, cirugía ambulatoria, consulta externa, laboratorio, rayos X, topografía, cuneros y admisión de ginecología, se cuenta con equipos individuales de aire acondicionado tipo paquete. Por otro lado, las áreas más pequeñas se atienden con unidades tipo ventana y la ventilación y extracción de aire de las áreas del resto del hospital se realiza por medio de pequeños equipos diseñados para estos usos.

Las necesidades de refrigeración se satisfacen con aproximadamente 60 refrigeradores, de los cuales la mayoría son tipo doméstico muy antiguos están ubicados en las diferentes áreas del hospital.

Uno de los principales problemas del hospital se presenta en la temporada de transición (del cambio de clima de alta temperatura al de baja temperatura y viceversa) en la UCI (ahora banco de sangre) el cuál es un espacio cerrado, sin ventilación y con mucha carga térmica. Esta unidad solicita enfriamiento cuando el resto de los servicios está solicitando calefacción. Como el enfriamiento se realiza en forma centralizada, para satisfacer la demanda de la UCI es necesario activar el sistema central de agua helada, para enfriar únicamente un espacio de 150 m<sup>2</sup>.

Natural Resources Canada, (1982, p.25) propone que “se apague los sistemas de enfriamiento en las áreas que se usan solamente por periodos, como son salas de conferencias, auditorios, salones de clases y servicios de alimentación”

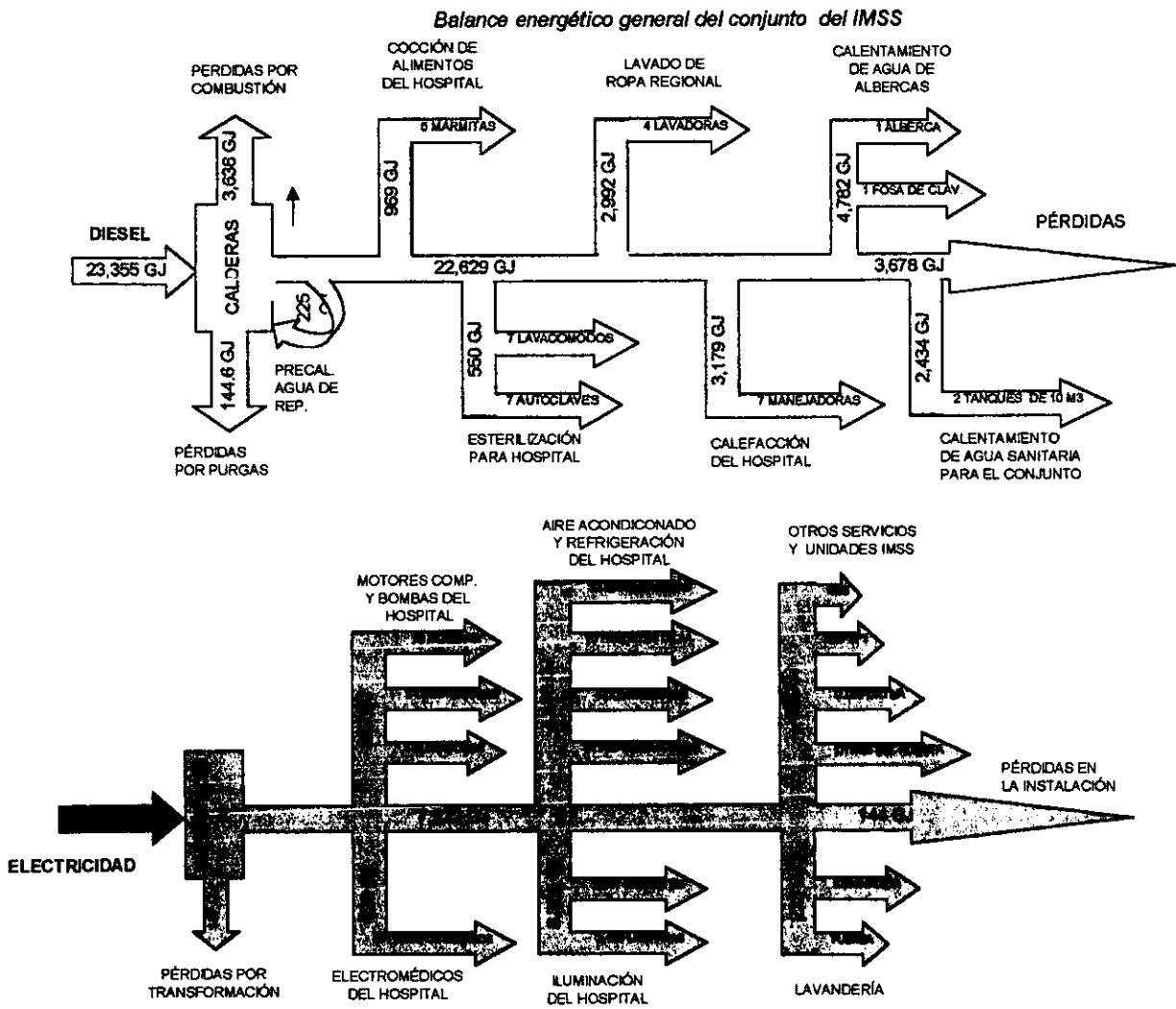
Los datos de los principales equipos se encuentran en la *tabla A.19 (en anexos)*. Por estos usos finales en la parte del hospital el consumo de energía anual se estimó que asciende a 315,731 kWh.

Las principales acciones potenciales que encontramos para fomentar un uso eficiente de la energía en estos usos finales son:

- M.32 Rehabilitación de equipos existentes.
- M.33 Rehabilitación y mantenimiento a las instalaciones de aire acondicionado y ventilación.
- M.34 Instalar un equipo tipo paquete independiente para satisfacer el servicio de enfriamiento de UCI.
- M.35 Programación del mantenimiento preventivo a refrigeradores.
- M.36 Cambio de los refrigeradores más antiguos y de baja eficiencia.

Finalmente y a manera de resumen presentamos un balance general desglosado por usos finales (figura 2.5)

Figura 2.5 Balance por usos finales del conjunto del IMSS.





## BIBLIOGRAFÍA DEL CAPÍTULO 2

- ACEA (Alliance To Save Energy), 2000, Oportunidades De Energía Eficiente De Iluminación En Hoteles Mexicanos, [www.ase.org/programs/international/méxico/ilumination.htm](http://www.ase.org/programs/international/méxico/ilumination.htm)
- ACEB, 2000, Oportunidades Para Ahorrar Energía Y Dinero En Los Sistemas De eneración De Vapor En Hoteles Mexicanos, [www.ase.org/programs/international/méxico/steam.htm](http://www.ase.org/programs/international/méxico/steam.htm)
- AHA (American Hospital Association), 1976, Manual De Ingeniería De Hospitales (Organización, Administración Y Mantenimiento), Editorial Limusa, México, 405pp.
- Ambriz G. J. J. Y Paredes R. H., 1993, Administración Y Ahorro De Energía (Libros De Texto Y Manuales De Práctica), Universidad Autónoma Metropolitana (Unidad Iztapalapa), México, 329pp.
- AMSCO, S/F, Principios De Esterilización E Indicadores Biológicos Y Químicos, Manual Preparado Para Capacitación, 159pp.
- Armas M.G., 1997, Manual De Bienvenida Al Departamento De Enfermería, Documento Interno, Aguascalientes, México.
- CADDET, 1997, Saving Energy With Energy Efficiency In Hospitals, Maxi Brouchure N°3, {[www.caddet-ee.org](http://www.caddet-ee.org)} , 24pp.
- CADEM, 1983, Manual De Eficiencia Térmica, , Tomo II, CADEM, España, 594pp.
- Comisión Europea, 1999, Energy Efficiency In Hospitals And Clinics, The Demonstration Component Of The Joule – Thermie Program, European Communities, 28pp.
- Comisión Nacional Del Agua (CNA), 2000, Concentrado De Temperaturas De Aguascalientes, Estación Parque Héroeos Mexicanos, Observatorio Meteorológico De Aguascalientes, Reportes Internos.
- CONAE, 2000, Tarifas Eléctricas, Página De Internet, [www.conae.gob.mx](http://www.conae.gob.mx).
- Contreras A., 1996, Oficio D.M 047/96, Aguascalientes, 17 De Junio.
- DOE, 2000, Veterans Adeministration Medical Denter, Femp, [Www.Eren.Doe.Gov/Femp/Greenfed/Success/B10\\_Vamc.Htm](http://Www.Eren.Doe.Gov/Femp/Greenfed/Success/B10_Vamc.Htm)
- Dubin, S., 1978, Energy Conservation Standars, Mcgraw-Hill Book Cpmpany, USA, 413pp.
- EECA, 1998, Boiler System Efficiency Case Studies, Hospital Timaru, Iusses 56.

González J.J., 1999, Sistemas De Iluminación En Centros Hospitalarios. Ideas Para La Reducción De Costes Energéticos, Ponencia N° 13, Libro De Ponencias, Jornada Tecnológica, Soluciones Para La Disminución De Costes Energéticos En Hospitales, IDEA, Madrid, 18 De Noviembre De 1999.

González, R.,1998, Decide El Gobierno Alza De 30% A Gasolinas; 15% A Partir De Hoy, En La Jornada, 13 De Noviembre.

Hyman W.A., 1998, Energy Conservation Revisited, Journal Of Clinical Engineering, January/February, Pp.49-54.

IMSS, S/F, Manual De Equipos Médicos, Jefatura De Conservación De Inmuebles Y Equipo.

IMSS, 1996, Antecedentes Históricos Del Hospital General De Zona No.1 En Aguascalientes, Documento Elaborado Para Los Festejos Del 30 Aniversario, Del 24 Al 27 De Junio.

IMSS, 2000, Universo De Acción Del Hospital General De Zona N°1, Jefatura De Conservación Del HGZ N°1.

IMSS, 1997, Norma De Diseño De Ingeniería En Instalaciones Hidráulicas Sanitarias Y Especiales, ND-01-IMSS-HSE-1997, IMSS, México.

INEGI, 2000, Cuadernos De Información Oportuna, No. 326, Mayo Del 2000, INEGI, 330pp.

Jakélius S., 1996, Learning Experiences With Energy Savings In Hospitals, CADDET, Analyses Series 20, 145pp.

Lockie, D.S., 1999, The Energy Efficient Refurbishment Of Hospitals, Ponencia N°17 En La Jornada Tecnológica De Soluciones Para La Disminución De Costes Energéticos En Hospitales, Madrid, 18 De Noviembre, IDEA, España.

Loe D., 2000, Daylighting Design In Architecture, Energy Efficient Lighting, Newsletter N°4, CADDET, Pp. 25-27.

Malagón G. Et Al, 1996, Administración Hospitalaria, Panamericana, Colombia.

Natural Resources Canada, 1982, Energy Management In Canadian Health Care Facilities, Technical Manual, Technical Report N°5, Task Force On Energy Management In Health Care Facilities In Canada, Julio, 157pp.

Paltrinieri G., 1995, Taller De Carne, Manuales Para Educación Agropecuaria, Área: Industrias Rurales, Editorial Trillas, 8ª Edición, México, 78 Pp.

Pérez M., 2000, Ahorro De Energía Y Eficiencia En Edificios, En Proceedings Of The Milenium Solar Forum 2000, Hosted By International Solar Energy Society, Asociación Nacional De Energía Solar, Septiembre 17 – 22 México, Pp.41-45.

Santamouris M., Et Al. 1994, Energy Performance And Energy Conservation En Health Care Buildings In Hellas, Energy Convers. Mgmt Vol.35, No.4, Elsevier Science Ltd. Great Britain, Pp. 293-305.

S.E. (Secretaría De Energía), 1997, Balance Nacional De Energía, S.E., México, 88pp.

SELMEC, 1976, Manual De Calderas Selmec, Sociedad Electro Mecánica, S.A. De C. V, México, 314pp.

Soriano J. G., 1999, Resultados Del Proyecto Del Hospital General Universitario De Valencia, Ponencia N°18, En La Jornada Tecnológica “Soluciones Para La Disminución De Costes Energéticos En Hospitales”, Madrid, España, 18 De Noviembre, IDAE.

## CAPITULO 3

### EL POTENCIAL DE USO EFICIENTE Y AHORRO DE ENERGÍA EN EL BALANCE TÉRMICO DEL CONJUNTO DEL IMSS SEGÚN EL MÉTODO PINCH.

En el capítulo 2 se determinó que el consumo de diesel representa un 75% del consumo energético total del conjunto del IMSS, lo cual equivale, en términos monetarios, un 67.6% del costo total de combustibles consumidos (véase tabla 2.1). También se identificaron 14 medidas potenciales de uso eficiente y ahorro de energía en los flujos térmicos, que indica desde el punto de vista cualitativo la existencia de un potencial importante de ahorro y uso eficiente en el balance térmico del conjunto del IMSS. Debido a la importancia de este combustible en nuestro estudio de caso en el presente capítulo calcularemos el potencial teórico de ahorro y uso eficiente en el balance térmico del conjunto del IMSS a través de una técnica termodinámica que se denomina técnica del punto de pliegue (pinch). Esto es congruente con el señalamiento que se hizo en el primer capítulo de contar con una herramienta confiable para la obtención del potencial de uso eficiente y ahorro de energía en hospitales.

Tres resultados adicionales que se obtendrán con la aplicación de esta técnica son:

- ◆ La cantidad mínima de servicios de calentamiento y enfriamiento, teórica requerida por el sistema del conjunto del IMSS.
- ◆ La carga térmica máxima, teórica que es posible recuperar en el conjunto en lugar de desaprovecharla como en el caso presente.
- ◆ La identificación de posibles modificaciones en el sistema termodinámico del conjunto, para el mejor aprovechamiento de la calidad de energía térmica disponible.

La técnica de punto de pliegue, *nos permite en efecto "identificar la recuperación óptima de energía térmica y el arreglo de intercambiadores que logre esta recuperación. Adicionalmente, la técnica no solo optimiza la red de recuperación de calor, sino que al hacerlo permite al usuario determinar los requerimientos externos mínimos de calentamiento y enfriamiento que son necesarios para completar las necesidades demandadas por el proceso"* [R. Best, 1998, p.5.1]. "*La técnica pinch (de punto de pliegue) se ha desarrollado en el área del ahorro de energía y presenta pasos sencillos y fáciles basados en principios termodinámicos*" [M. Ebrahim, 2000, p.45]. Finalmente, "*la técnica pinch (o de punto de pliegue), [ ... ], parece una metodología consistente para el ahorro de energía, basada en el balance de materia y energía de los servicios para todos los sistemas*" [Linnhoff March, 2000, p.2].

El presente capítulo consta de 6 secciones. En la primera sección explicamos la técnica de punto de pliegue y clasificamos la información requerida por esta técnica. En la segunda sección explicamos la forma de evaluar la información utilizando el método pinch. En la tercera sección, especificamos los resultados esperados con la aplicación de la técnica

pinch. En la cuarta sección, presentamos los datos termodinámicos del conjunto del IMSS. En la quinta sección, evaluamos los datos del conjunto del IMSS con este método. Por último, en la sexta sección, obtenemos los resultados de la aplicación del método de punto de pliegue.

## 1. LA TÉCNICA PINCH O DE PUNTO DE PLIEGUE.

Iniciamos esta sección definiendo la técnica punto de pliegue, los conceptos básicos del método, la información requerida y la forma de clasificar la información para la aplicación del método pinch o de punto de pliegue.

La técnica de punto de pliegue fue introducida en 1980 por Bodo Linhoff [H. Romero, 1998, p.227] y “sus colaboradores de ETH Zurich, University of Leeds, ICI (Imperial Chemical Industries) y más recientemente por University of Manchester Institute of Science and Technology.” [T. D. Eastop, 1990, p.203].

La técnica pinch es un método gráfico, que se apoya en cálculos analíticos e integra elementos del análisis de primera y segunda ley de la termodinámica para determinar el calor recuperable en un proceso industrial y así optimizar la energía utilizada en el mismo. “Un análisis Pinch empieza con el balance de materia y de calor del proceso. Usando la tecnología Pinch, es posible encontrar los cambios apropiados en las condiciones internas del proceso, que pueden tener impacto en el ahorro de energía” [Linnhoff March, 2000, p.2].

La técnica de punto de pliegue se articula en los conceptos de:

Corriente termodinámica caliente o fría: flujo de materia de un proceso, con disponibilidad de energía o con requerimientos de ella.

Curva compuesta o gráfica que representa la suma vectorial de las corrientes termodinámicas frías o calientes del proceso, en el rango de temperatura que se traslapan dichas corrientes.

Gran curva compuesta: gráfica que representa las necesidades de servicios en cada nivel de temperatura.

Servicio de calentamiento o cantidad de energía térmica que requiere el sistema y es necesario suministrarle.

Servicio de enfriamiento o cantidad de calor sobrante del sistema y que debe retirarse de él.

Intercambiador de calor: equipo donde se realiza la transferencia de calor entre dos o más corrientes termodinámicas.

La  $\Delta T_{MIN}$  : diferencia de temperatura mínima, de diseño, a la salida de los intercambiadores del sistema.

La  $\Delta H$  : razón de cambio de entalpía o carga térmica de una corriente termodinámica, de corrientes termodinámicas o del sistema en general.

El CP : capacidad calorífica del flujo másico o entalpía por unidad de temperatura del sistema. Se obtiene del producto del calor específico a presión constante ( $C_p$ ) del fluido y su flujo másico del mismo. Este se calcula utilizando la fórmula siguiente:

$$CP = m(C_p) = \frac{\Delta H}{\Delta T} \quad (3.1)$$

El punto Pinch o punto de pliegue es el punto, dentro de la gráfica de las curvas compuestas donde se encuentra el gradiente de temperatura mínimo o  $\Delta T_{\text{MIN}}$ . “El punto de pliegue se da cuando la diferencia de temperaturas entre las corrientes frías y calientes del proceso, es igual al valor de un  $\Delta T_{\text{MIN}}$  que puede haber sido establecido por el diseñador del proceso o bien, si uno es el encargado del diseño, puede proponer el  $\Delta T_{\text{MIN}}$ . Por lo regular esta decisión está sujeta al factor económico” [H. Romero, 1998, p.232].

La técnica se desarrolla con la siguiente metodología:

- a) Obtención del diagrama del proceso termodinámico.
- b) Determinación de los datos del sistema termodinámico.
- c) Definición de las corrientes termodinámicas frías y calientes del proceso.
- d) Establecimiento de la  $\Delta T_{\text{MIN}}$
- e) Construcción de las curvas compuestas.
- f) Determinación del número mínimo de intercambiadores de calor.
- g) Determinación del Punto de Pliegue o pinch.
  - 1) Por el método gráfico:
  - 2) Por el método analítico.
- h) Construcción del esquema de diseño modificado.
- i) Elaboración de la gran curva compuesta.
- j) Interpretación de resultados termodinámicos y propuesta de alternativas.
- k) Determinación de los servicios mínimos.

### 1.1 INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA APLICACIÓN DEL MÉTODO.

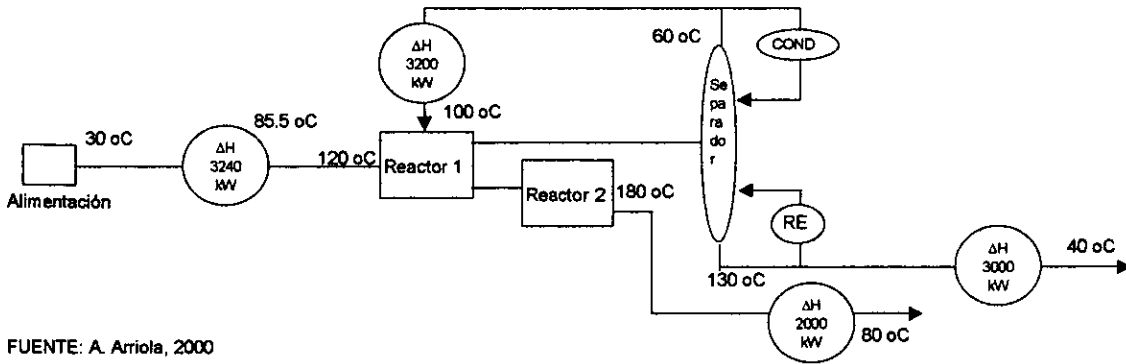
Para aplicar esta técnica es importante contar con la información del proceso termodinámico que pretendemos analizar. Se requiere definir claramente la secuencia del proceso, los elementos que lo componen, y la función de cada uno de ellos.

Para explicar la metodología nos auxiliamos con el ejemplo representado en el diagrama de la *figura 3.1*. En ella se muestra una parte de un proceso simplificado de destilación. Podemos observar, que el proceso consta de dos reactores en los cuales la materia prima, bajo ciertas condiciones sufre una transformación. El proceso cuenta además, con un separador, 2 intercambiadores de calor donde se aplica calor procedente de una caldera y 4 servicios intercambiadores donde se le extrae calor al producto utilizando una torre de enfriamiento.

La materia prima entra a 30°C, la cual se calienta hasta 100°C para entrar en el primer reactor. Por la reacción, la materia se separa en dos partes. Una parte pasa al separador y la otra parte pasa a un segundo reactor. Del segundo reactor sale el producto 1 a 180 °C el cual se debe enfriar a 80°C. En el separador se divide, de nuevo en dos partes. Una parte sale a 60 °C, de esta una fracción se calienta de nuevo y entra al primer reactor, la otra fracción se condensa y regresa al separador. El resto de materia que sale del separador a

130 °C, se divide en dos fracciones. La primera fracción regresa al separador. La segunda fracción representa el producto 2. Este producto se enfría para salir a 40 °C.

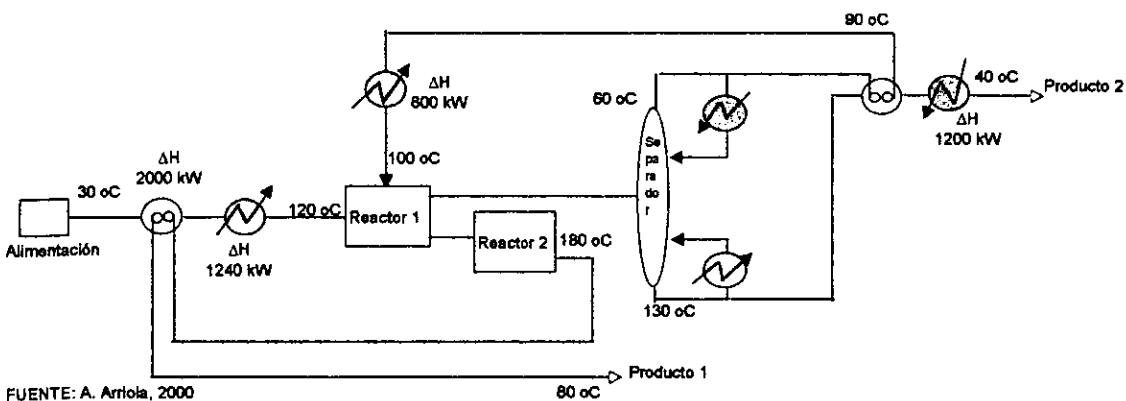
Figura 3.1. Ejemplo de un proceso simplificado de destilación.



FUENTE: A. Arriola, 2000

“Para iniciar el análisis Pinch se tiene que extraer del proceso los datos termodinámicos necesarios (véase figura 3.2). Esto implica la identificación de las tareas de calentamiento y enfriamiento del proceso” [Linnhoff March, 2000, p.3]. Los datos necesarios para la aplicación del análisis Pinch son aquellos que se requieren para obtener un balance de materia y energía. A saber, temperaturas T (en °C), presiones P (en kg/cm<sup>2</sup>), la razón de cambio de entalpía ΔH (en kW), flujo másico φ (en kg/s), calor específico del fluido de trabajo Cp (en kJ/kg°C) y la capacidad calorífica del fluido CP (en kW/°C).

Figura 3.2. Diagrama del ejemplo de un proceso de destilación simplificado con recuperación de calor<sup>1</sup>.



FUENTE: A. Arriola, 2000

En la figura 3.2 se muestra el diagrama de nuestro ejemplo con sus datos correspondientes y marcando las corrientes termodinámicas calientes en rojo y la corrientes termodinámicas frías en verde. Los intercambiadores de servicios de calentamiento en rojo y intercambiadores de servicios de enfriamiento en verde.

<sup>1</sup> En este capítulo las corrientes termodinámicas calientes las representamos en color rojo y las corrientes frías en color verde.

La obtención de los datos es el paso más importantes y difícil de la técnica. Generalmente en las instalaciones se mide la presión o la temperatura de los procesos termodinámicos, y el calor específico del fluido de trabajo se obtiene en tablas. Por el contrario, la cantidad de flujo másico, generalmente no se conoce, puesto que no es común encontrar en las instalaciones instrumentos de medición con este objetivo, y la falta de este valor no impide calcular los gradientes de las cargas térmicas ( $\Delta H$ ) en el sistema termodinámico.

Hay muchos métodos y equipos utilizados para medir el flujo másico de un proceso térmico pero los equipos que miden este parámetro son muy costosos. Cuando no se cuenta con un medio adecuado para obtener ese dato, es importante, utilizar alguna herramienta indirecta de medición o de cálculo. Por ejemplo el flujo másico de vapor se puede medir con la técnica "vapor condensado"<sup>2</sup>. Esta técnica fue la que nosotros la utilizamos para determinar el flujo másico del vapor en algunos usos finales.

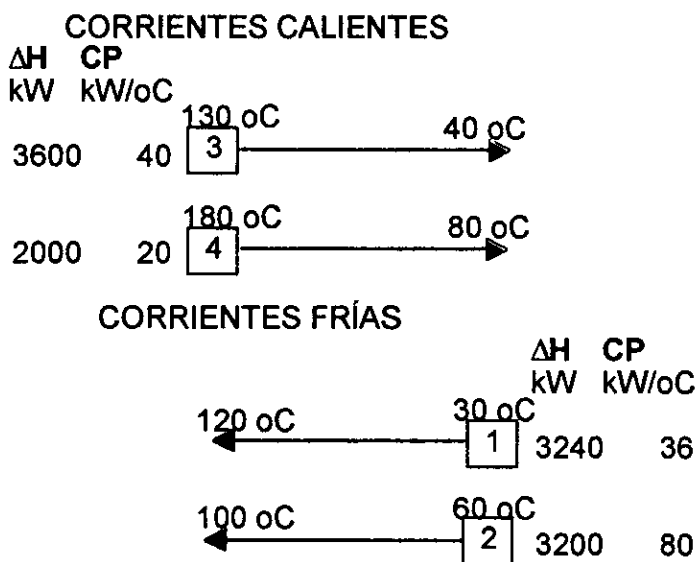
### 1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS DATOS DEL PROCESO TERMODINÁMICO.

Una vez obtenida la información anterior se prosigue a clasificarla de la siguiente manera:

- Se determinan las corrientes termodinámicas del sistema.
- Se clasifican las corrientes termodinámicas por tipo: calientes o frías.
- Se registran las corrientes termodinámicas con los datos respectivos.

Una corriente termodinámica fría es aquella que requiere calor y generalmente va de una temperatura menor a una mayor. La corriente termodinámica caliente es por lo contrario, aquella que cede calor y que por lo general va de una temperatura alta a una más baja [A. Arriola, 2000].

Figura 3.3. Representación de las corrientes termodinámicas del ejemplo.



<sup>2</sup> En el capítulo 2 explicamos la técnica de "vapor condensado".

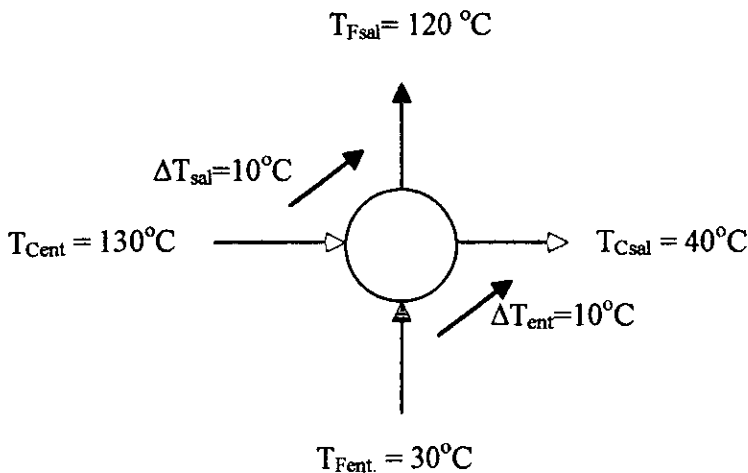


Como se muestra en la *figura 3.3*, se presenta un listado de todas las corrientes termodinámicas del ejemplo. Las corrientes termodinámicas se representan por medio de flechas paralelas horizontales. La representación de las corrientes termodinámicas calientes se hace con la flecha en dirección hacia la derecha. Mientras que las corrientes frías se representan con dirección hacia la izquierda. Al inicio de la flecha en medio de un cuadro se registra con letras o números la identificación de la corriente. Al inicio de la corriente, también se colocan los datos de temperatura de entrada, carga térmica y la capacidad calorífica del fluido CP de la corriente termodinámica. Al final por su parte se señala la temperatura de salida.

La  $\Delta T_{\text{MIN}}$  es un parámetro importante en el método. Esta nos ayuda a determinar el punto Pinch o de pliegue. Par determinar este rango de temperaturas hay tres alternativas: en la primera opción el valor de la  $\Delta T_{\text{MIN}}$  se toma de la información del diseño termodinámico. En la segunda opción la  $\Delta T_{\text{MIN}}$  se calcula a partir de los intercambiadores del proceso termodinámico, seleccionando el valor de la  $\Delta T_{\text{MIN}}$  menor. Y la último, en la tercera se propone una  $\Delta T_{\text{MIN}}$  evaluada según un criterio experto.

La *figura 3.4*, que describe un esquema termodinámico de un intercambiador de calor es un buen ejemplo de cómo se define  $\Delta T_{\text{MIN}}$  de un sistema termodinámico. En esta figura aparecen los datos termodinámicos de las corrientes termodinámicas que nos permiten definir la  $\Delta T_{\text{MIN}}$ . Los datos de esta figura corresponden a las corrientes termodinámicas 1 y 3 de nuestro ejemplo. Como podemos ver para estos datos los valores de los gradientes de temperatura, para este ejemplo el resultado fue el mismo de  $10^{\circ}\text{C}$ . Por lo tanto, en nuestro ejemplo, la  $\Delta T_{\text{MIN}} = 10^{\circ}\text{C}$ .

*Figura 3.4. Esquema de un intercambiador de calor para determinar la  $\Delta T_{\text{MIN}}$ .*



FUENTE: A. Arriola, 2000.

Donde:  $T_{\text{Cent}}$  = La temperatura caliente que entra al intercambiador.  
 $T_{\text{Csal}}$  = La temperatura caliente que sale de intercambiador.  
 $T_{\text{Fent}}$  = La temperatura fría que entra al intercambiador.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

$T_{Fsal}$  = La temperatura fría que sale del intercambiador.

$$\Delta T_{ent} = T_{Csal} - T_{Fent}$$

$$\Delta T_{sal} = T_{Cent} - T_{Fsal}$$

Las primeras 6 columnas de la *tabla 3.1* representan la tabla del problema en donde se listan las corrientes termodinámicas frías y calientes con sus datos correspondientes.

*Tabla 3.1 La tabla del problema y de corrientes corregidas del ejemplo.*

(1) Corriente Nº	(2) Tipo	(3) $T_{ent}$ (°C)	(4) $T_{sal}$ (°C)	(5) $\Delta H$ (kW)	(6) CP (kW/°C)	(7) $T'_{ent}$ (°C)	(8) $T'_{sal}$ (°C)
1	Fría	30	120	3240	36	40	130
2	Fría	60	100	3200	80	70	110
3	Caliente	130	40	3600	40		
4	Caliente	180	80	3600	20		

**FUENTE: Datos propios**

En la columna (1), se coloca la identificación de la corriente. En la columna (2), se registra el tipo de corriente termodinámica fría o caliente. En la columna (3), se presenta la temperatura de entrada  $T_{ent}$ . En la columna (4), esta registrada la temperatura de salida de la corriente termodinámica  $T_{sal}$ . En la columna (5) la carga térmica  $\Delta H$ . Finalmente, en la columna (6), se registran la capacidad calorífica de la corriente CP.

En las 2 últimas columnas de la *tabla 3.1* se encuentran los datos que se adicionan a la tabla del problema. En las columnas adicionales se registran los valores resultantes de la suma de la temperatura fría y la  $\Delta T_{MIN}$ . Estos valores se conocen como valores de las temperaturas frías corregidas.

## 2 EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE PUNTO DE PLIEGUE.

Iniciamos esta sección con la determinación de los equipos mínimos del sistema termodinámico. Finalizamos la sección determinando el punto de pliegue por el método gráfico y el método analítico respectivamente.

### 2.1 DETERMINACIÓN DE LOS EQUIPOS MÍNIMOS.

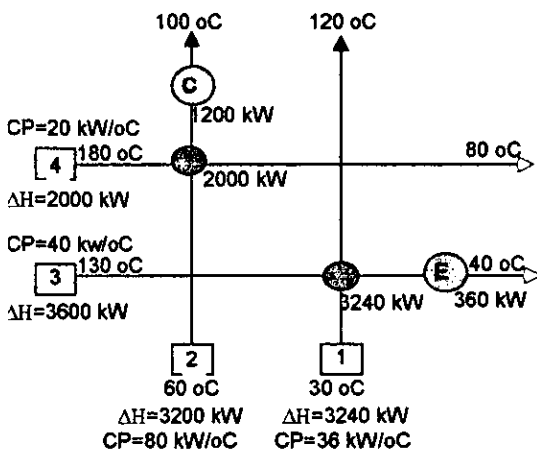
La determinación de los equipos mínimos es un proceso iterativo en donde se obtiene la cantidad mínima de equipos intercambiadores de calor, operando con la menor cantidad de carga térmica transferida por los servicios de calentamiento y enfriamiento.

El proceso desarrollado en este paso es el siguiente:

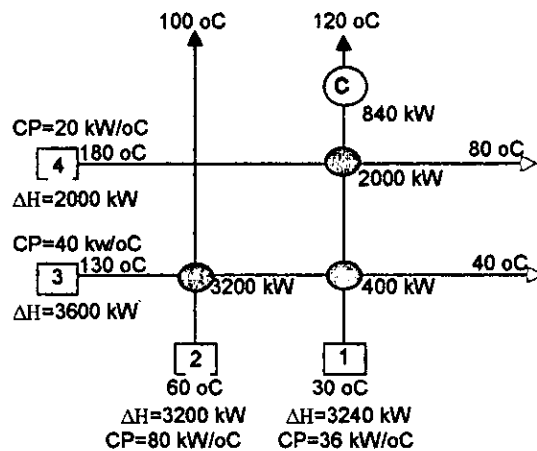
- a) Como se puede ver en ejemplo, *figura 3.5*, cada una de las corrientes se representa con una flecha. Mientras que las corrientes calientes se colocan en forma horizontal con

dirección hacia la derecha. Las corrientes frías se representan con flechas verticales con dirección hacia arriba. Lo anterior da como resultado una malla en donde se entrelazan corrientes frías y calientes. Al inicio de las flechas se registra con números o letras la identificación de la corriente termodinámica, la temperatura de entrada, la carga térmica  $\Delta H$  y la capacidad calorífica CP. Al final de la flecha se registra la temperatura de salida de la corriente.

Figura 3.5. Malla para determinar el número de intercambiadores de calor del ejemplo.  
(a) (b)



FUENTE: Datos propios



FUENTE: Datos propios

b) En la intersección de dos corrientes se coloca un círculo, el cual representa un intercambiador de calor. El valor del gradiente de carga térmica  $\Delta H$  de las dos corrientes termodinámicas que se interceptan se comparan y se procede a los siguiente. La  $\Delta H$  menor será la cantidad de carga térmica  $\Delta H$  que se transferirá en el equipo intercambiador hipotético. La corriente termodinámica que aportó el total de su  $\Delta H$  sale de la malla; en la figura 3.5a esto se refleja en la ausencia de otro intercambiador hipotético entre las corrientes termodinámicas 4 y 1. La otra corriente puede participar en otro intercambio o bien sale de la malla requiriendo un servicio de calentamiento o enfriamiento según sea la corriente fría o caliente, respectivamente. Esta corriente participa en otro intercambio cuando al seguir en el sentido de la flecha se intercepta con otra corriente termodinámica que no ha salido de la malla, por el contrario, cuando no encuentra otra corriente, sale de la malla. En el ejemplo de la figura 3.5, nótese que se da este último caso, es decir de un servicio de calentamiento en la corriente 2 y un servicio de enfriamiento en la corriente 3 del ejemplo.

c) El paso anterior se repite hasta que todas las corrientes salen de la malla.

d) Se cuentan los equipos y se suma la carga térmica  $\Delta H$  que se requiere suministrar y transferir por medio de los intercambiadores de los servicios de calentamiento y enfriamiento al sistema.

- e) Posteriormente procedemos a realizar otras mallas con nuevas combinaciones de intersección de corrientes termodinámicas frías y calientes en donde se colocan nuevos intercambiadores hipotéticos (véase la figura 3.5 b). Los pasos b), c) y d) se repiten hasta agotar las posibles combinaciones.
- f) Por último, con los resultados de las configuraciones de malla obtenidas en el paso anterior, se define la malla con el menor número de equipos y con la mínima cantidad de carga térmica  $\Delta H$  de servicios de calentamiento y/o enfriamiento. En nuestro ejemplo podemos observar que aunque los dos arreglos tienen la misma cantidad de intercambiadores el arreglo de la figura 3.5a requiere de 1,560 kW, mientras que el arreglo de la figura 3.5 b solamente requiere por lo tanto de 840 kW.

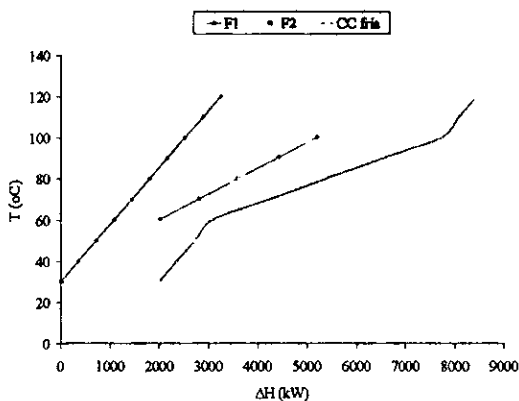
En resumen de lo que se trata es que “conociendo el número de corrientes que intervienen en el proceso y el número de servicios, debemos encontrar el número de unidades de intercambio de la red” [H. Romero, 1998, p.231].

## 2.2 DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE PLIEGUE POR EL MÉTODO GRÁFICO.

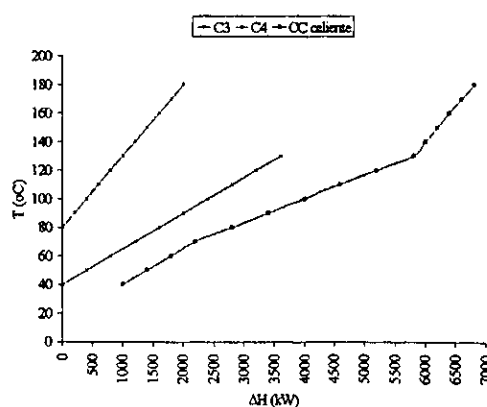
“El primer paso es construir las curvas temperatura - entalpia (T - H) en donde se pueden encontrar las condiciones del Pinch y las condiciones mínimas, de calentamiento y enfriamiento, externas” [T. D. Eastop, 1990, p.208).

Como lo menciona el autor, primeramente todas las corrientes termodinámicas frías (originales) se integran en la curva compuesta fría, como se muestra en la gráfica 3.1. Del mismo modo se integra la curva compuesta de corrientes termodinámicas calientes que aparecen en la gráfica 3.2. Posteriormente las dos curvas compuestas se integran en una sola gráfica (véase gráfica 3.3), de la siguiente manea. Nótese que las curvas se pueden mover horizontalmente dentro de los límites de temperatura y gradiente hasta que los puntos más cercanos se encuentren separados por la mínima diferencia de temperaturas permitida, que es la diferencia de temperatura del Pinch o punto de pliegue [R. Best, 1998; T. D. Eastop, 1990].

Gráfica 3.1 Corrientes y curva compuesta fría del ejemplo.



Gráfica 3.2 Corrientes y curva compuesta caliente del ejemplo.

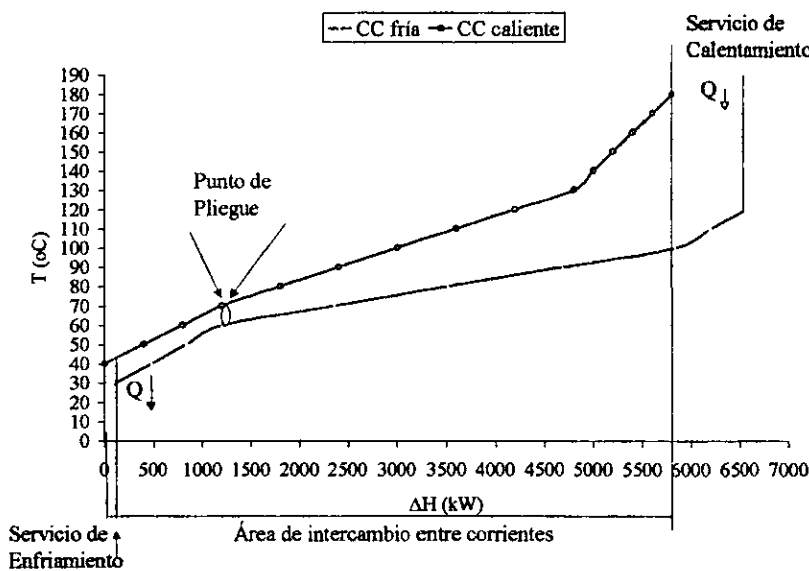


La construcción de las curvas compuestas simplemente es la suma vectorial de todas las corrientes del mismo tipo (frías o calientes) que hay en el sistema termodinámico que analizamos. En las *gráficas 3.1 y 3.2* se representa en una gráfica las corrientes individuales y la corriente compuesta resultante fría o caliente respectivamente.

Cabe mencionar que la curva compuesta se obtiene de la suma vectorial del rango de temperatura donde se traslapan dos o más corrientes del mismo tipo. En los rangos de temperatura donde no se traslapa, los valores de esta curva se adicionan en forma íntegra a la curva compuesta. Esto lo podemos observar en la *gráfica 3.1*, en el rango de 60 a 100 °C las curvas de las dos corrientes frías se traslapan. En ese rango de temperatura la curva compuesta fría es la suma vectorial de ambas. El resto de la curva de la corriente 1 se adiciona a la curva compuesta.

El punto en la gráfica de las curvas compuestas donde se logra tener la  $\Delta T_{MIN}$  se denomina el Punto Pinch o el Punto de Pliegue, como lo muestra en la *gráfica 3.3* para nuestro ejemplo. Una vez identificado el Pinch, es posible considerar el proceso como un sistema en dos partes: una encima y la otra debajo del Pinch. Arriba del Pinch el sistema requiere de calentamiento a la entrada del sistema y por lo tanto necesita una fuente de calor. Abajo del Pinch el sistema rechaza calor y entonces se necesita un sumidero de calor [Linnhoff March, 2000].

*Gráfica 3.3 Localización del punto Pinch por el método gráfico del ejemplo.*



**FUENTE: Datos propios**

Como podemos observar en la *gráfica 3.3* hay un espacio a lo largo del eje horizontal donde las dos curvas tienen la misma diferencia de carga térmica, a ese espacio se le denomina área de intercambio, porque es el área donde se realiza el intercambio de calor entre las dos corrientes. En el extremo izquierdo la curva compuesta caliente sobresale a la curva compuesta fría, lo cual significa que necesita un servicio de enfriamiento de la

magnitud de esa diferencia. Por el contrario, en el extremo derecho la curva compuesta fría sobresale a la curva compuesta caliente, esto indica que se necesita un servicio de calentamiento para cubrir dicha cantidad de calor.

“Hay 3 reglas que deben ser observadas en el esquema de recuperación óptimo:

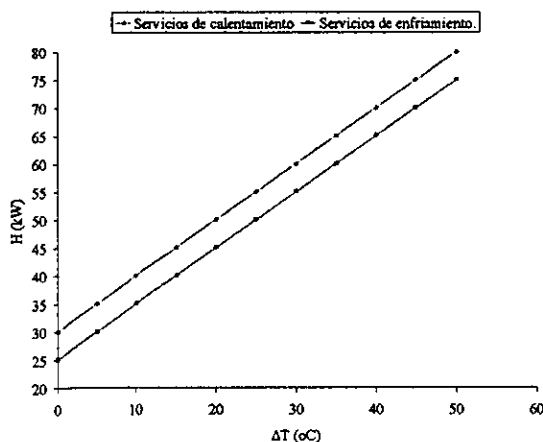
- a) No transferir calor a través del Pinch.
- b) No tener enfriamiento por arriba del Pinch.
- c) No tener calentamiento por abajo del Pinch.” [T. D. Eastop, 1990, p.211]

“ En un proceso en el cual se tienen corrientes frías y calientes, se puede hacer una integración térmica de tal forma que si se tiene que enfriar una corriente, esto se haga con una corriente fría. Y si se requiere calentar alguna corriente fría, esta se pueda calentar con una corriente caliente” [H. Romero, 1998, p.232].

“Las curvas pueden indicar los servicios mínimos de enfriamiento y calentamiento requeridos. Además de los mínimos requeridos para nuestra carga. ... Las curvas compuestas, también pueden indicar cuando los intercambiadores están bien colocados” [M. Ebrahim, 2000, p.47].

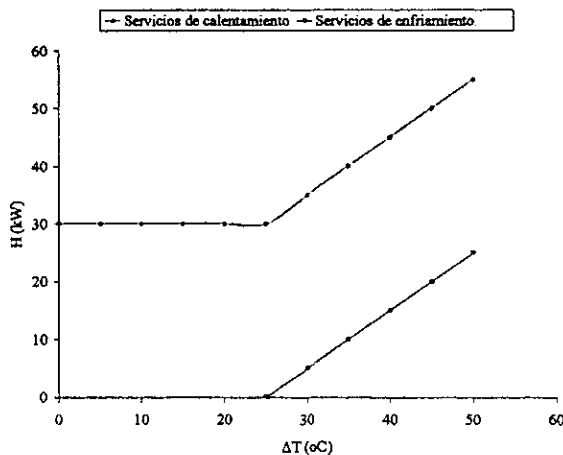
Hay un caso especial, denominado en la literatura como el “problema de umbral” [B. Linnhoff, s/f, p.64] donde para diferentes  $\Delta T_{MIN}$  la cantidad de servicios requerida por el proceso no cambia.

Gráfica 3.4 Distribución de la los servicios respecto a la  $\Delta T_{MIN}$  (caso normal).



FUENTE: Datos propios

Gráfica 3.5 Distribución de los servicios respecto a la  $\Delta T_{MIN}$  (caso de umbral).



FUENTE: Datos propios

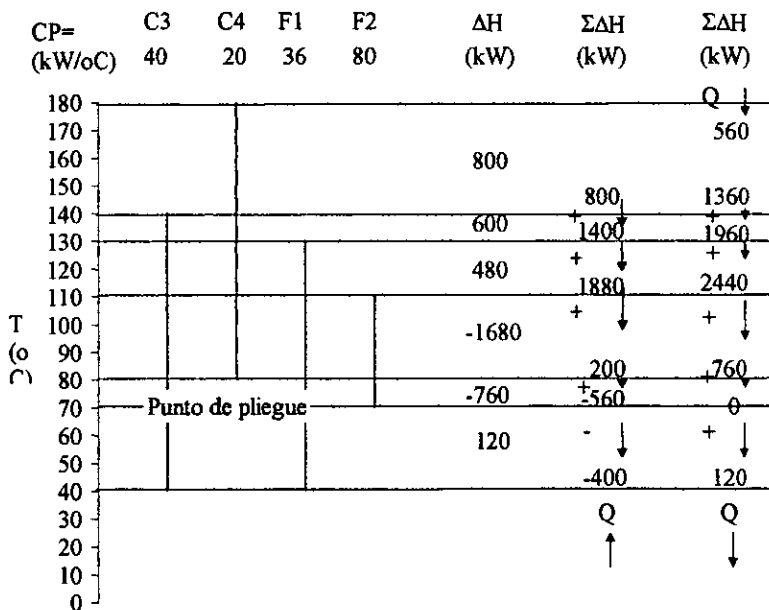
En la gráfica 3.4, se representan los resultados de un caso normal. En efecto en este caso los servicios de calentamiento y enfriamiento, se incrementan directamente proporcional con la  $\Delta T_{MIN}$ . Como señala R. Best (1998) el efecto en el pinch de incrementar la diferencia de temperatura tiene dos implicaciones: se reduce el nivel de intercambio entre las dos corrientes y las dos cargas de los servicios de calentamiento y enfriamiento se incrementan.

Mientras que en el caso de umbral hay un lapso en donde, la  $\Delta T_{MIN}$  crece pero el servicio de calentamiento permanece constante, hasta llegar a un punto en donde aparece la necesidad de un segundo servicio (de enfriamiento), y de ahí ambos servicios tienen incrementos paralelos [B. Linnhoff, s/f, p.64] (véase gráfica 3.5). Contrastando esto con lo ocurrido en un caso normal, el punto de Pinch se encuentra en el rango donde los servicios de calentamiento se mantienen constantes. Para resolver este problema hay dos caminos. En el primero se usan valores obtenidos de la experiencia mientras que en el segundo se elige el punto donde las alternativas de intercambio de calor resultan más económicas.

2.3 DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE PLIEGUE POR EL PROCESO ANALÍTICO.

El método tabular (analítico) se inicia representando las corrientes como líneas verticales contenidas entre sus temperaturas iniciales y finales [T. D. Eastop, 1990, p.217] usando los valores de las corrientes frías de la tabla de temperaturas corregidas (véase gráfica 3.6). Posteriormente, se eligen rangos de temperaturas de las corrientes frías y calientes, teniendo en cuenta que tales rangos queden comprendidas en forma total las corrientes frías y calientes. Posteriormente se hace el balance de carga térmica en cada rango, el cual es igual a la sumatoria de la carga termina de las corrientes que aparecen en el rango. Cabe notar, que en los balances, se toma la siguiente convención: los valore de la carga térmica de las corrientes termodinámicas calientes es positiva y la carga térmica de las corrientes termodinámicas frías es negativa. A continuación se realiza la suma, en cascada de los balances de carga térmica de los rangos de temperatura iniciando por las temperaturas más altas.

Gráfica 3.6 Ejemplo de la obtención del punto Pinch por el método analítico.



FUENTE: Datos propios

El punto de pliegue se encuentra en el punto intermedio en donde la sumatoria se haga igual a cero. Es decir, en el rango donde la  $\Sigma\Delta H=0$ . Para los casos donde la  $\Sigma\Delta H\neq 0$ , Se inicia una nueva sumatoria en cascada iniciando con el valor mayor negativo obtenido en la primera sumatoria. Esto lo podemos ver en la *gráfica 3.6* del ejemplo. En la penúltima columna, en ningún rango la  $\Sigma\Delta H=0$ . En la última columna se inicia con el valor (positivo) de 560 kW, ahora la  $\Sigma\Delta H=0$  en 70 °C. Este resultado debe coincidir con el valor de temperatura mayor del resultado obtenido por el método gráfico.

### 3 RESULTADOS QUE SE OBTIENEN CON EL MÉTODO DE PUNTO DE PLIEGUE

En esta sección hacemos una representación de las corrientes termodinámicas frías y calientes y ubicamos adecuadamente los intercambiadores de calor según la técnica de punto de pliegue. Además obtenemos la gran curva compuesta y la interpretamos.

#### 3.1 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS, PROPUESTA DE ALTERNATIVAS Y DETERMINACIÓN DE LOS SERVICIOS ÓPTIMOS.

A partir de la interpretación de la gran curva compuesta se logra visualizar las posibles alternativas. Así mismo se determina también la cantidad de energía disponible que se puede recuperar y los niveles de calidad de los servicios requeridos por el sistema.

Uno de los más importantes productos del uso de esta técnica, es la obtención del potencial teórico de uso eficiente y ahorro de energía. Este potencial teórico se determina de la relación entre la suma de la carga térmica necesaria en servicios de calentamiento y enfriamiento, de la gran curva compuesta, y los requerimientos actuales.

#### 3.2 CONSTRUCCIÓN DEL ESQUEMA DE DISEÑO.

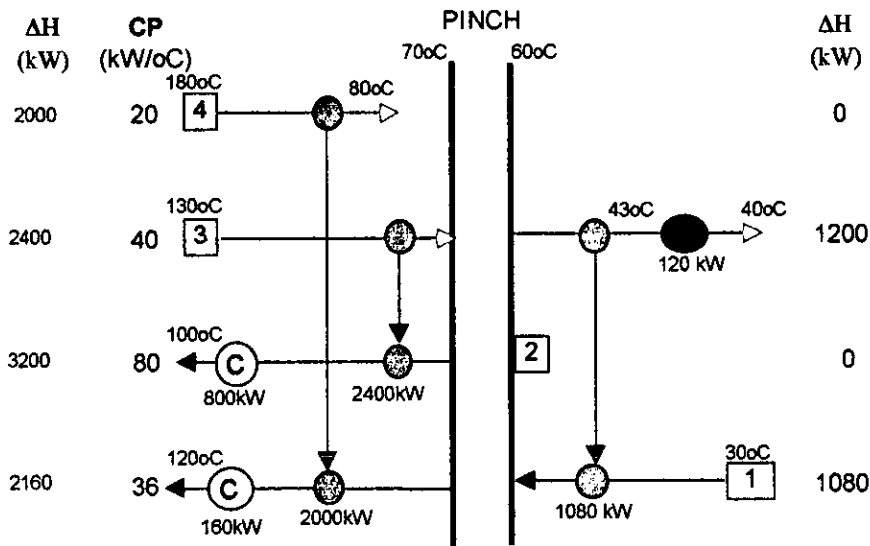
Con la *figura 3.6*, nos auxiliamos para definir el procedimiento para construir el diagrama de diseño. El cual lleva la secuencia que a continuación describimos:

- A) Iniciamos con la representación de las corrientes termodinámicas frías y calientes con flechas paralelas en forma horizontal. Las corrientes calientes con dirección hacia la derecha, mientras que las frías con la dirección contraria, hacia la izquierda. Los datos de las corrientes se registran de la misma forma que en la subsección 1.2 de este capítulo (*véase figura 3.6*).
- B) En las dos subsecciones anteriores encontramos el punto de pliegue, y por supuesto conocemos los valores del rango de temperaturas de ese punto. Ahora en el arreglo de líneas paralelas obtenido en A), se colocan dos rectas verticales que representan el pinch en sus valores de temperaturas. Estas rectas cruzan el arreglo del inciso A) dividiéndolo en dos partes. La parte izquierda de la *figura 3.6* corresponde a la parte de abajo del punto de pliegue. La parte derecha a la de arriba del pinch



- C) Con dos círculos, uno en la corriente caliente y otro en la corriente fría, unidos con una recta se representa el intercambiador de calor que interviene entre ellas. En el ejemplo la corriente caliente 3 cede 2,400 kW a la corriente fría 2 (véase figura 3.6).
- D) La energía transferida en cada intercambiador se determina en forma idéntica de cómo se hizo en la subsección 2.1 de este capítulo.
- E) Se coloca la cantidad de intercambiadores que sea necesario, agregando al final servicios en las corrientes que requieran de ellos.

Figura 3.6. El esquema de diseño del ejemplo.



FUENTE: A. Arriola, 2000

Tenemos como resultado un esquema donde se acoplan los intercambiadores del sistema. Para este procedimiento, es importante señalar que se debe de acatar las reglas siguientes:

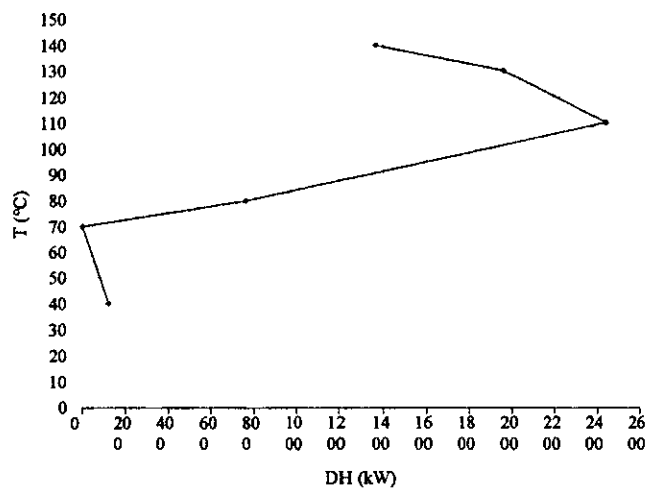
- a) Dividir el diseño arriba y abajo del Pinch.
- b) No transferir calor a través del Pinch
- c) Hacer los acoplamientos iniciando en los puntos más difíciles.
- d) Iniciar con las corrientes que entran.
- e) Cerca del punto de pliegue el CP que sale > o = que el CP que entra.
- f) Colocar primero los acoplamientos cerca del Pinch.
- g) Maximizar cargas (maximizar las cargas implica reducir el número de intercambiadores).
- h) Terminar integrando los servicios necesarios. [A. Arriola, 2000]

### 3.3 ELABORACIÓN DE LA GRAN CURVA COMPUESTA.

En la *gráfica 3.7* se representa la gran curva compuesta del ejemplo. La gran curva compuesta es el resultado principal de esta técnica. Está construida por los datos de la *gráfica 3.6*. Con ella conocemos por un lado, los niveles de temperatura requeridos por el sistema y por otro lado la energía disponible del proceso [A. Arriola, 2000].

“ La gran curva compuesta provee un camino conveniente para ilustrar esquemáticamente el lugar más apropiado de los servicios (de calentamiento y enfriamiento) relacionados con el proceso” [T. D. Eastop, 1990, p.235].

*Gráfica 3.7 La gran curva compuesta del ejemplo.*



FUENTE: Cálculos propios.

“La gran curva compuesta enfatiza el punto de que el diseño del sistema de recuperación de calor es en realidad la suma de dos diseños separados: Uno para las condiciones arriba del Pinch, y la otra para (las condiciones) abajo del Pinch. Arriba del pinch la gran curva compuesta muestra como la demanda de calentamiento externo se incrementa y a que temperaturas que se deben suministrar. En forma similar, para abajo del pinch, la curva muestra como la demanda de enfriamiento externo se incrementa y a que temperaturas se deben suministrar” [T. D. Eastop, 1990, p.232] (*véase gráfica 3.7*). “La gran curva compuesta es como el desarrollo final de la Técnica Pinch. Además, con la gran curva compuesta se pueden visualizar los mejores niveles de los servicios de calentamiento y enfriamiento” [M. Ebrahim, 2000, p.47].

En la siguiente sección, la metodología de esta técnica se aplicará al análisis del sistema termodinámico del conjunto del IMSS.

### 4 APLICACIÓN DE LA TECNICA PINCH EN EL ESTUDIO DE CASO.

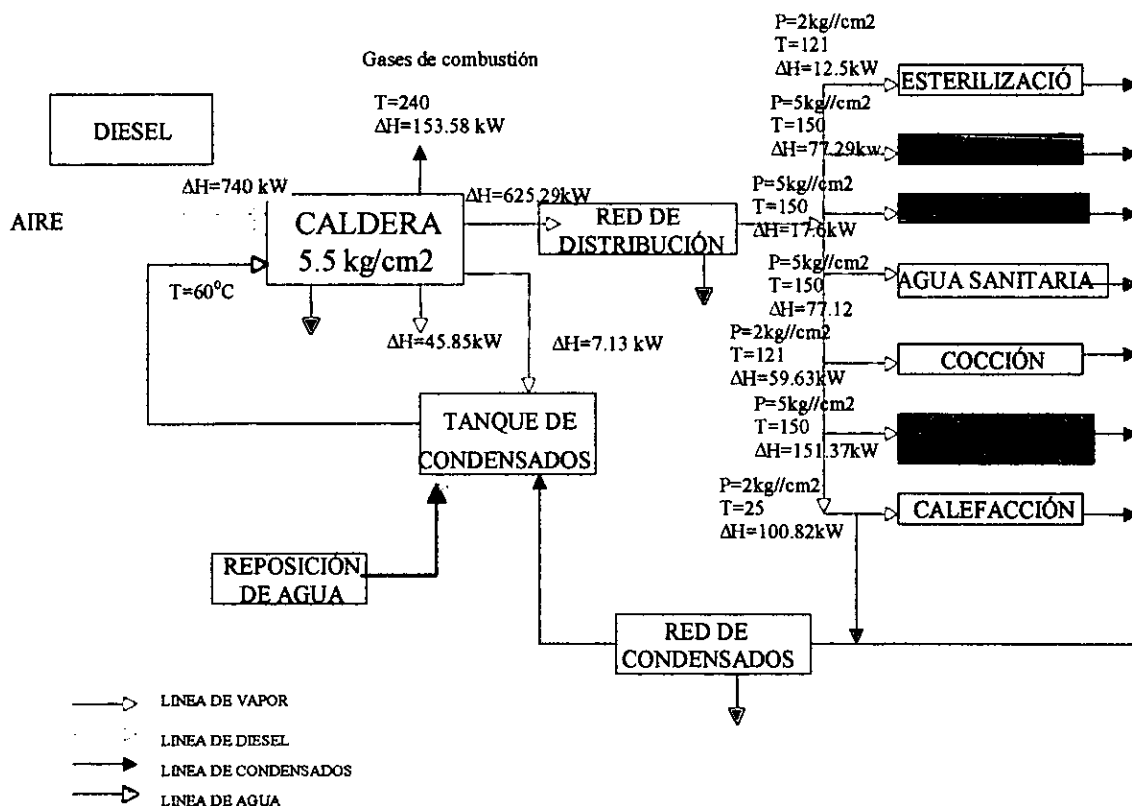
En esta sección presentamos los datos del balance térmico del conjunto del IMSS y su análisis según el método pinch.

#### 4.1 DIAGRAMA Y BALANCE TÉRMICO DEL CONJUNTO DEL IMSS.

En la *figura 3.7* se presenta el diagrama térmico del conjunto del IMSS con los datos necesarios para la aplicación de la tecnología Pinch.

Los datos de la *figura 3.7* fueron estimados como se indicó en el capítulo anterior. En la *Tabla A.9 (de los anexos)* presentamos el cálculo del flujo másico por de cada corriente del conjunto del IMSS mientras que en la *tabla A.10 (de los anexos)* se presentan los cálculos térmicos realizados.

*Figura 3.7. Diagrama del sistema térmico del conjunto del IMSS*



Fuente: Cálculos propios

4.2 CORRIENTES DEL SISTEMA TÉRMICO DEL CONJUNTO DEL IMSS.

Actualmente no hay procesos de recuperación de calor. Todos los requerimientos se cubren con el vapor. En la *figura 3.8* se presenta la lista de las corrientes actuales del conjunto del IMSS. En ella se encuentran registrado los valores de temperaturas, carga térmica  $\Delta H$  y la capacidad calorífica del fluido CP de cada una de las corrientes.

Para realizar la técnica de punto de pliegue e incluir corrientes calientes, utilizamos las dos que nos parecen más obvias: la corriente de calor desechado al drenaje en las aguas jabonosas de lavandería y la corriente caliente de los condensados de vapor no recuperados. En la *figura 3.9* se presentan integradas las corrientes calientes y frías por analizar en el estudio de caso.

*Figura 3.8. Corrientes actuales del conjunto del IMSS*

**CORRIENTES CALIENTES**

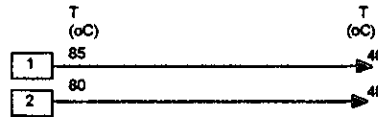
LINEA	$\Delta H$ (kW)	CP (kW/oC)	Tsal (oC)	Tent. (oC)
<b>CORRIENTES FRIAS</b>				
Agua Sanitaria de Lavandería (ASL)	17.60	0.59	55	25
Lavandería (L)	77.27	2.58	85	55
agua de reposición calderas (AR)	7.13	0.24	60	30
agua sanitaria (AS)	77.12	2.20	60	25
esterilización (E)	12.50	0.14	121	30
agua albercas (AA)	151.67	50.56	28	25
cocción (CO)	59.63	0.85	100	30
calefacción (CA)	100.82	14.40	25	18
lavacomodos (LC)	4.94	0.05	121	21

FUENTE: Cálculos propios

Figura 3.9. Corrientes propuestas para el conjunto del IMSS.

**CORRIENTES CALIENTES**

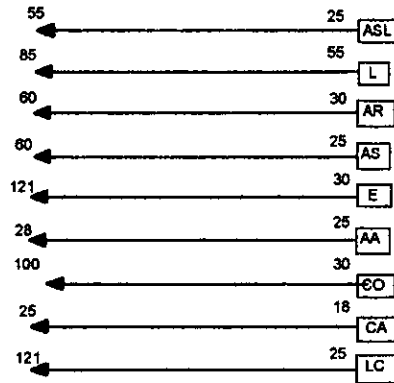
LINEA	$\Delta H$ (kW)	CP (kW/oC)
AGUA JABONOSA	23.7	0.53
CONDENSADOS	96.32	2.41



**CORRIENTES FRIAS**

Agua Cal.Lav.	17.60	0.59
Lavandería	77.27	2.58
agua de rep.	7.13	0.24
agua sanitaria	77.12	2.20
esterilización	12.50	0.14
agua albercas	151.67	50.56
coccolón	59.63	0.85
calefacción	100.82	14.40
lavacomodos	4.94	0.05

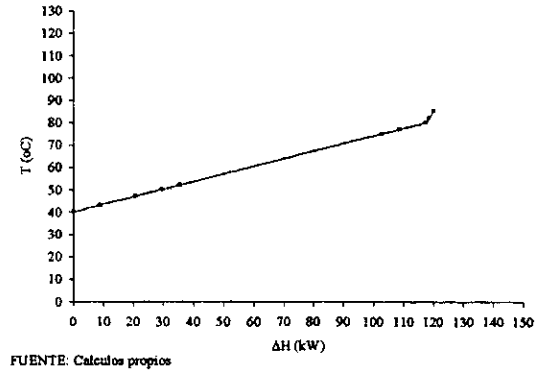
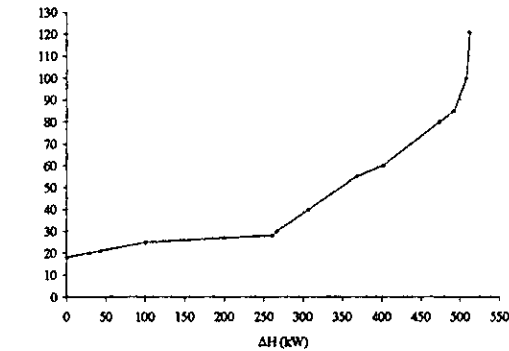
FUENTE: Cálculos propios



En las dos gráficas siguientes se presentan las curvas compuestas fría y caliente resultantes de los datos de la figura anterior.

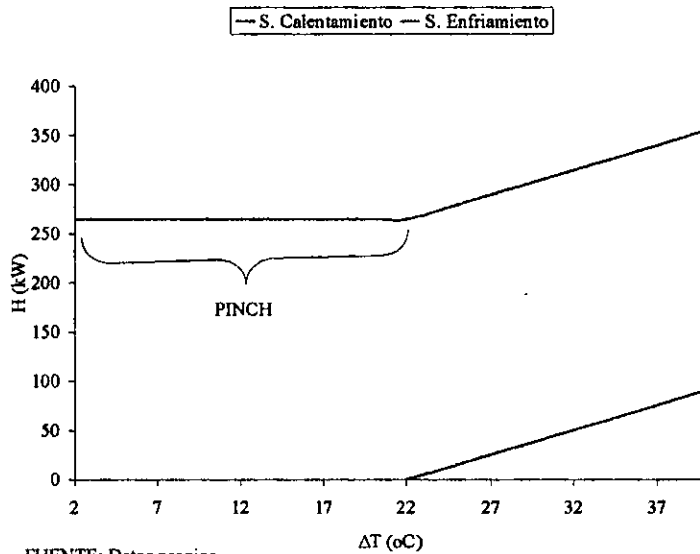
Gráfica 3.8 Curva compuesta fría.

Gráfica 3.9 Curva compuesta caliente



Al mostrar en una gráfica los servicios requeridos contra la  $\Delta T_{MIN}$ , encontramos que tenemos un caso de umbral para el cual encontramos un rango de 0 – 22 °C.

Gráfica 3.10 Los servicios requeridos por diferente  $\Delta T_{MIN}$  (caso en el umbral)



FUENTE: Datos propios.

Para determinar la  $\Delta T_{MIN}$ , para el análisis del sistema térmico, que nos ocupa, no contamos con los datos de diseño y no hay intercambiadores de recuperación, puesto que todas las necesidades se cubren con servicios de calentamiento con vapor. Por no contar con los datos anteriores resolvemos este problema utilizando tres recursos. El primer recurso que utilizamos es tomar los resultados de la gráfica 3.10. Un segundo recurso es tomar la información de Linnhoff March (2000, p.7) que define la  $\Delta T_{MIN}$ , para procesos de vapor en intercambiadores con buen coeficiente de transferencia de calor propone un rango de 10 a 20  $^{\circ}C$ . Por último un tercero, aplicando en forma iterativa diferentes rango en la técnica y asumir la  $\Delta T_{MIN}$ , con la se obtengan los mejores resultados. Seguimos este último recurso y para localizar el punto de pliegue por el método analítico, solamente se pudo lograr con una  $\Delta T_{MIN}$ , de 22  $^{\circ}C$ . Tomamos este valor para nuestra aplicación, el cual está dentro del límite determinado (véase gráfica 3.10), por ser caso especial y no se aleja del rango propuesto por el autor.

A continuación se presentan dos tablas más. La primera es la tabla del problema y la segunda es la tabla del problema con las temperaturas corregidas.

Tabla 3.2 Tabla del problema

CORRIENTE	TIPO	Tent. °C	Tsal. °C	DH kW	CP kW/°C
AJ	CALIENTE	85	40	23.70	0.53
C	CALIENTE	80	40	96.32	2.41
ASL	FRIA	25	55	17.60	0.59
L	FRIA	55	85	77.27	2.58
AR	FRIA	30	60	7.13	0.24
AS	FRIA	25	60	77.12	2.20
E	FRIA	30	121	12.50	0.14
AA	FRIA	25	28	151.67	50.56
CO	FRIA	30	100	59.63	0.85
CA	FRIA	18	25	100.82	14.40
LC	FRIA	21	121	4.94	0.05

FUENTE: Cálculos propios

Tabla 3.3 La nueva tabla de temperaturas corregidas para una  $\Delta T_{MIN} = 22^{\circ}C$ .

CORRIENTE	TIPO	Tent. °C	Tsal. °C	Tent' °C	Tsal' °C	DH kW	CP kW/°C
AJ	CALIENTE	85	40			23.70	0.53
COND	CALIENTE	80	40			96.32	2.41
ASL	FRIA	25	55	47	77	17.60	0.59
L	FRIA	55	85	77	107	77.27	2.58
AR	FRIA	30	60	52	82	7.13	0.24
AS	FRIA	25	60	47	82	77.12	2.20
E	FRIA	30	121	52	143	12.50	0.14
AA	FRIA	25	28	47	50	151.67	50.56
CO	FRIA	30	100	52	122	59.63	0.85
CA	FRIA	18	25	40	47	100.82	14.40
LC	FRIA	21	121	43	143	4.94	0.05

FUENTE: Cálculos propios

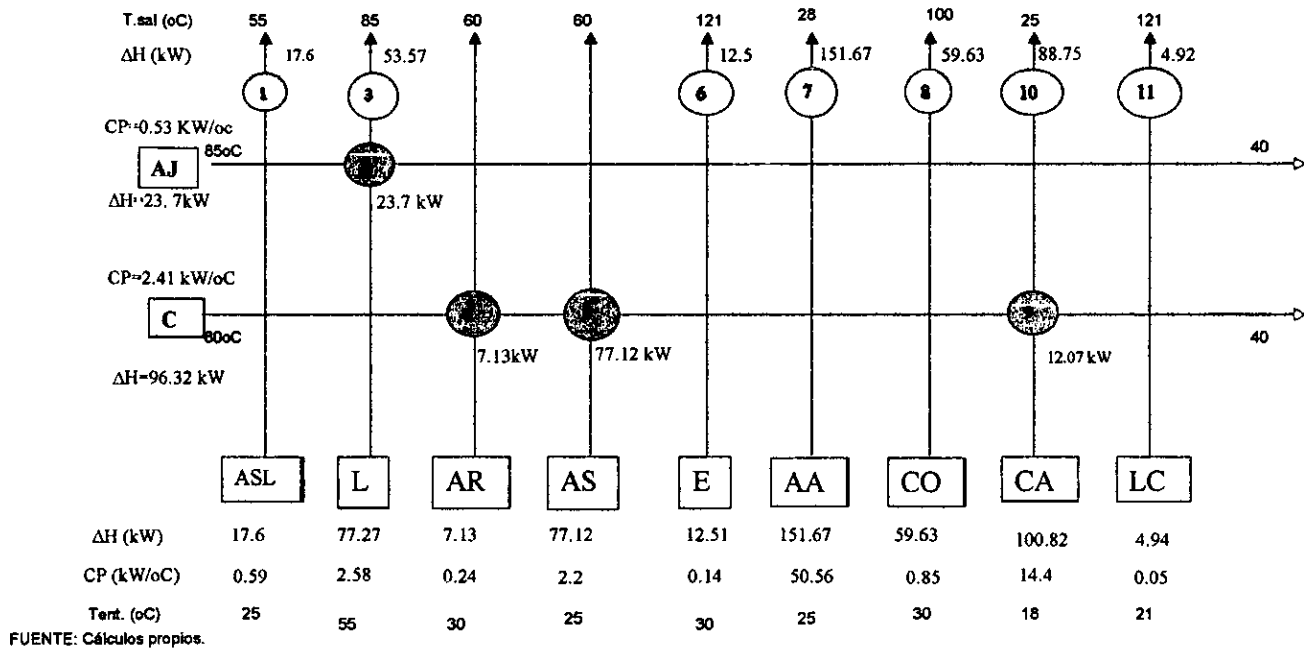
## 5. EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL BALANCE TERMODINAMICO DEL CONJUNTO DEL IMSS.

En esta sección evaluamos los datos termodinámicos del conjunto del IMSS. Iniciamos con la obtención de los equipos intercambiadores de calor mínimos. Por último, aplicamos la metodología que ha sido señalada para obtener el punto de pliegue.

### 5.1 EQUIPOS INTERCAMBIADORES DE CALOR NECESARIOS EN EL CONJUNTO DEL IMSS.

En la *figura 3.10* se presenta la malla para determinar la mínima cantidad de intercambiadores de calor intercambiadores de calor.

*Figura 3.10. Esquema de equipos mínimos.*



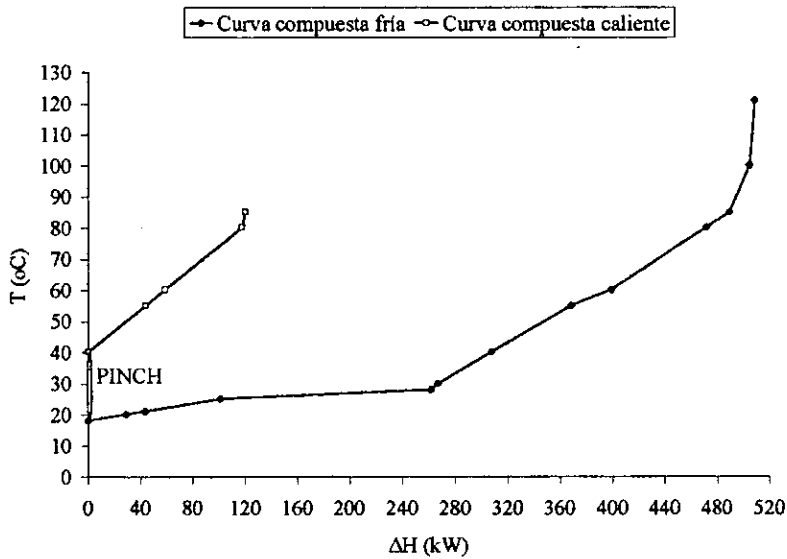
Como podemos ver en la *figura 3.10*, se requieren 11 equipos intercambiadores de calor y 388.64 kW en servicios de calentamiento.

### 5.2 EL PUNTO DE PLIEGUE PARA EL SISTEMA TÉRMICO DEL CONJUNTO DEL IMSS.

Para determinar el punto de Pinch por el método gráfico utilizamos las curvas compuestas de las *gráficas 3.8 y 3.9*. Haciendo los arreglos y movimientos. Arriba mencionados, obtenemos el punto Pinch, como se muestra en la *gráfica 3.11*.



Gráfica 3.11 Localización del Pinch por el método gráfico ( $\Delta T_{MIN} = 22^{\circ}C$ )

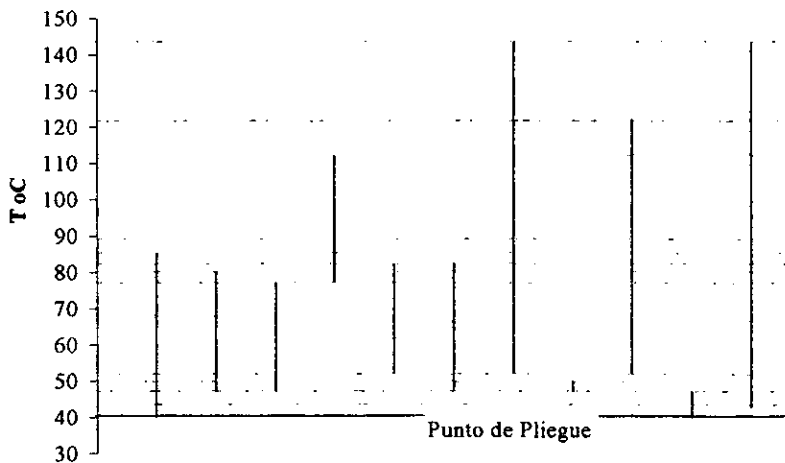


FUENTE: Cálculos propios

Para determinar el punto Pinch por el método analítico nos auxiliamos de la *gráfica 3.12* y de la *tabla 3.4*. En la primera representamos los rangos de temperatura de cada corriente (utilizando los datos de las temperaturas corregidas) y definimos los intervalos para nuestros balances. En la segunda, la *tabla 3.4* se encuentran los datos de los balances de cada intervalo y la sumatoria de la carga térmica  $\Sigma\Delta H$ , como se indicó en la explicación de este punto.

Gráfica 3.12 Corrientes del proceso por rango de temperatura

CP=	AJ	C	ASL	L	AR	AS	E	AA	CO	CA	LC
(kW/oC)	0.53	2.41	0.59	2.58	0.24	2.2	0.14	50.56	0.85	14.4	0.05



FUENTE: Cálculos propios

Tabla 3.4 Balance de carga térmica por rango de temperatura.

CORRIEN	CP	T (oC)	ΔT (oC)	CP de corrientes										ΔH Por Rango de Temperatura	ΣΔH Por Rango de Temperatura	ΣΔH Q <sup>*</sup>	
				Calientes		Frías (*-1)											
				AJ	C	ASL	L	AR	AS	E	AA	CO	CA	LC			
		155.4															388.64
		155	0.4														0.00
	kW/oC	143															625.28
AJ	0.53	122	21							-0.14				-0.05	-3.92	-3.92	384.72
COND	2.41	112	10							-0.14		-0.85		-0.05	-10.39	-14.31	374.33
	0.00	107	5							-0.14		-0.85		-0.05	-5.19	-19.50	369.14
ASL	0.59	85	22				-2.58			-0.14		-0.85		-0.05	-79.52	-99.02	289.62
L	2.58	82	3	0.53			-2.58			-0.14		-0.85		-0.05	-9.26	-108.28	280.36
AR	0.21	80	2	0.53			-2.58	-0.24	-2.2	-0.14		-0.85		-0.05	-11.06	-119.34	269.30
AS	2.20	77	3	0.53	2.41		-2.58	-0.24	-2.2	-0.14		-0.85		-0.05	-9.36	-128.70	259.94
E	0.14	75	2	0.53	2.41	-0.59		-0.24	-2.2	-0.14		-0.85		-0.05	-2.26	-130.96	257.68
AA	50.56	52	23	0.53	2.41	-0.59		-0.24	-2.2	-0.14		-0.85		-0.05	-26.02	-156.98	231.66
CO	0.85	50	2	0.53	2.41	-0.59			-2.2					-0.05	0.19	-156.79	231.85
CA	14.40	47	3	0.53	2.41	-0.59			-2.2		-50.56			-0.05	-151.38	-308.17	80.47
LC	0.05	43	4	0.53	2.41								-14.40	-0.05	-46.07	-354.23	34.40
		40	3	0.53	2.41								-14.40		-34.40	-388.64	0.00

FUENTE: Cálculos propios

Como se observa en la tabla 3.4, la ΣΔH en todos los rangos es diferente de cero. Por tal motivo, se procede como se mencionó en la subsección 2.3 de este capítulo. En el rango de 43 a 40 °C se encuentra el valor más negativo de la columna de la ΣΔH por rango de temperatura. Este valor, en forma positiva, inicia la cascada de la ΣΔH de la última columna de la tabla 3.4. Finalmente, podemos ver que el punto superior del rango de temperaturas del pliegue se encuentra en 40 °C. Este dato ratifica los resultados, arriba encontrado, con el método gráfico.

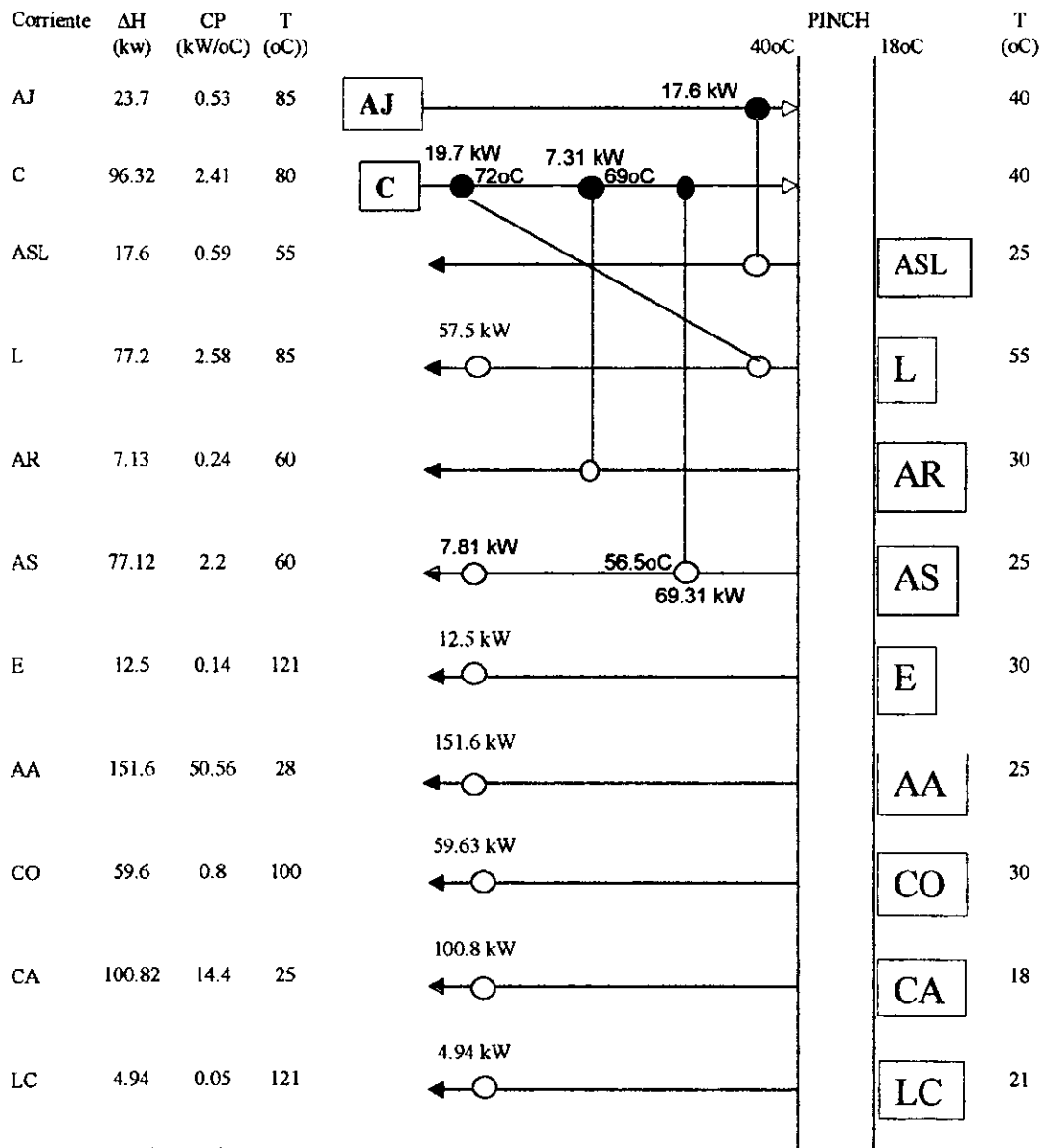
## 6. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO PINCH EN EL CONJUNTO DEL IMSS.

Finalmente, en esta sección construimos el diagrama de diseño de intercambiadores de calor para el sistema termodinámico del conjunto del IMSS. Posteriormente, obtenemos la gran curva compuesta. Se comparan los resultados de la gran curva compuesta con los servicios que se suministran actualmente en el conjunto del IMSS, para determinar el potencial de uso eficiente y ahorro de energía. Por último, hacemos una lista de las alternativas potenciales para cubrir los servicios requeridos por el sistema térmico del conjunto.

### 6.1 ESQUEMA DE INTERCAMBIADORES DE CALOR PARA EL CONJUNTO DEL IMSS.

El arreglo resultante de intercambiadores para el conjunto del IMSS se encuentra en la figuras 3.11.

Figura 3.11. Esquema de diseño de equipos intercambiadores de calor.



FUENTE: Cálculos propios.

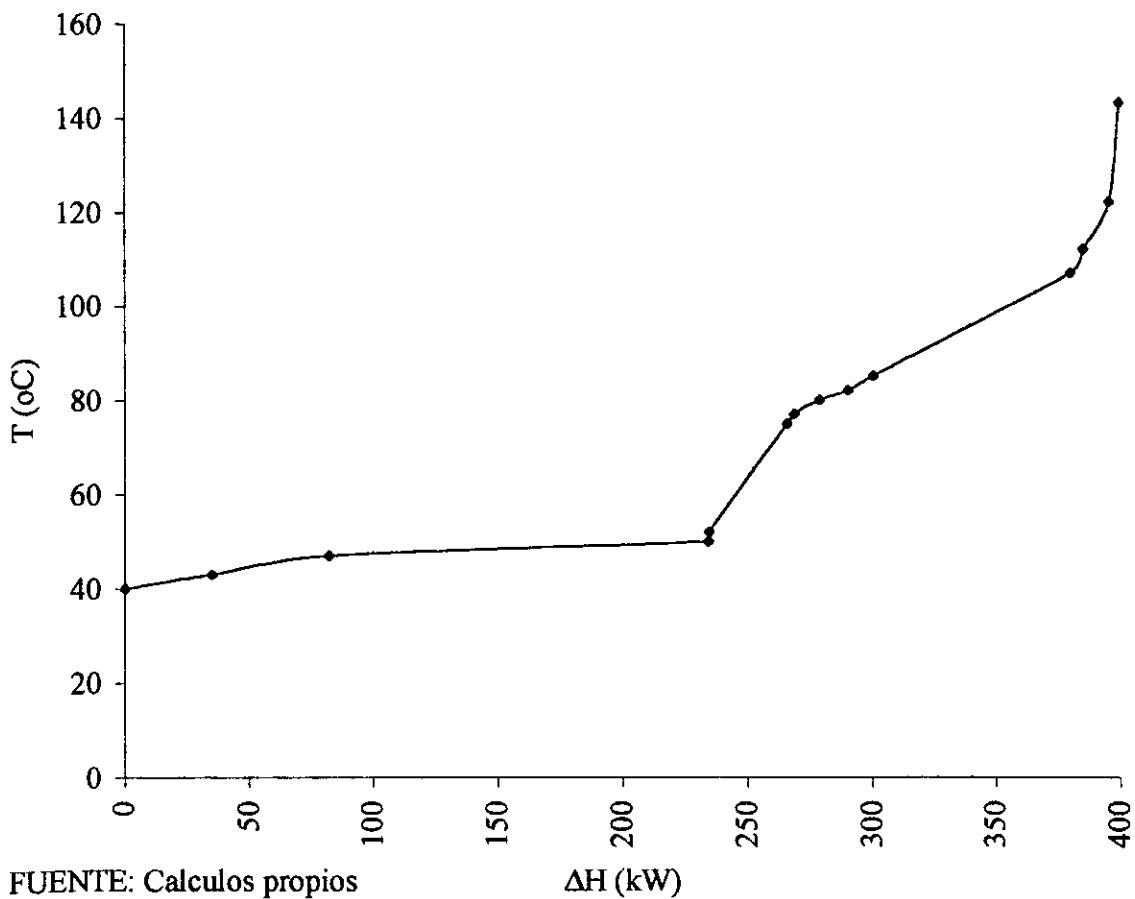
Hasta aquí, hemos encontrado en número de equipos intercambiadores de calor, el punto de plegue y el diagrama de diseño del sistema térmico del conjunto del IMSS.

6.2 LA GRAN CURVA COMPUESTA.

Con los datos de la primera columna y de la última columna de la *tabla 3.4* obtenemos la gran curva compuesta resultante que aparece en la *gráfica 3.13*.

Como podemos observar en la *gráfica 3.13* la  $\Delta H$ , que teóricamente se requiere en el sistema térmico del conjunto del IMSS es de 388.64 kW, lo cual equivale a un requerimiento de energía anual de 12.26 TJ.

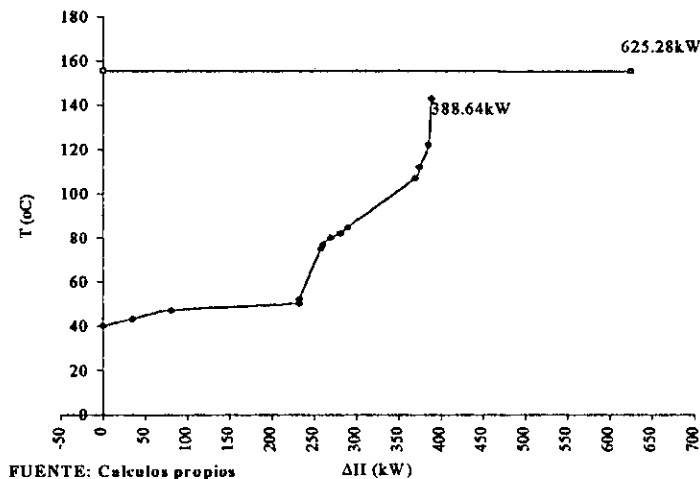
*Gráfica 3.13 La gran curva compuesta*



### 6.3 EL POTENCIAL DE USO EFICIENTE Y AHORRO DE ENERGÍA EN EL CONJUNTO DEL IMSS.

En la *gráfica 3.14* están integradas la gran curva compuesta y la curva de los servicios actuales del conjunto del IMSS. Podemos observar que al integrar las dos curvas mencionadas, en una sola gráfica, resalta un potencial teórico de ahorro de carga térmica en el conjunto del IMSS equivalente a un 38%. Lo cual significa un ahorro de combustible de 246 mil litros de diesel y ahorros económicos cercanos a un millón de pesos, aplicando el porcentaje obtenido a los datos de consumo en energético del año 1999 (véase la *tabla 2.1 § 2*).

*Gráfica 3.14 Integración de los servicios actuales y la gran curva compuesta resultante.*



### 6.4 ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS.

Podemos dividir la *gráfica 3.15* en dos partes. La primera parte, es la de los requerimientos de carga térmica de baja calidad y corresponde al rango de 0 a 231.85 kW. En la segunda parte se incrementa la calidad necesaria en el sistema del conjunto del IMSS y se requiere de mayor carga térmica.

La energía de baja calidad que se requiere en el conjunto del IMSS y que nosotros proponemos va desde temperatura ambiente a 50°C, no obstante que R. Best (1998, p.1-1) señala que “la energía de baja calidad va desde la temperatura ambiente hasta la del punto de ebullición del agua”.

Para cubrir ese requerimiento tenemos dos opciones. La primera opción es seguir cubriendo toda la demanda con energía del vapor, como se hace actualmente. La segunda opción es buscar alternativas tecnológicas, con las cuales es posible suministrar la energía de baja calidad requerida.

Finalmente, nuestros principales resultados de este capítulo son:

1. Se determinó la cantidad máxima de vapor de calentamiento que se requiere generar para cubrir el 100% de la demanda de carga térmica en el conjunto del IMSS.
2. Se dedujo el ahorro de carga térmica en el conjunto del IMSS, el cual asciende a 236.64 kW.
3. Se determinó en consecuencia, un potencial de uso eficiente y ahorro de energía (por la optimización del sistema y el calor recuperable de los condensados de vapor y de aguas jabonosas) mayor del 35% en el sistema termodinámico del IMSS. Para tal fin, se determinó colocar 4 intercambiadores de calor. Dos en lavandería para cubrir una parte de su demanda térmica, uno en la casa de máquinas N°1 para calentar el agua de reposición a calderas y el último en el área de tanques "thermo" para calentar el agua sanitaria del conjunto. Ratificando las medidas M-3 y M-18 identificadas en el capítulo anterior.
4. Se determinó un primer listado de tecnologías de producción térmica, en las que incluimos opciones solares, que consideramos más compatibles desde el punto de vista de la calidad del calor, con los requerimientos térmicos del conjunto del IMSS.
5. Se determinó que el 60% de la carga térmica requerida por el sistema termodinámico del conjunto del IMSS es energía de baja calidad.

Haciendo énfasis en los resultados de éste capítulo y del capítulo anterior, en el próximo analizaremos económicamente el uso de los intercambiadores de calor, de colectores solares planos, de lámparas y motores más eficientes para el conjunto del IMSS.

## BIBLIOGRAFÍA DEL CAPÍTULO 3

Arriola A., 2000, Sistemas Modernos De Optimización Energética Industrial, Notas del curso, de febrero a junio, Centro de Investigación de Energía de la UNAM, Temixco, Morelos.

Best R., 1998, Recuperación De Calor Utilizando Bombas De Calor, Centro de Investigación de Energía de la UNAM, Temixco, Morelos, México, 1998, (Notas).

CONAE(mc), 2000, Selección y Análisis del Sistema de Cogeneración, en Manual de Cogeneración, CONAE, Página de Internet, [www.coae.gob.mx](http://www.coae.gob.mx), 14pp.

Eastop T.D. & Croft D.R., 1990, Energy Efficiency For Engineers And Technologists, Longman Scientific & Technical, John Wiley & Sons, UK, 385pp.

---

<sup>4</sup> CONAE(mc), 2000, p5

<sup>5</sup> IMSS, 1997, cap. 20, p.2

Ebrahim, M., 2000, Pinch Technology: An Efficient Tool For Chemical Plant Energy And Capital Cost Saving, Applied Energy, N° 65, pp.45-49.

IMSS, 1997, Norma de Diseño de Ingeniería en Instalaciones Hidráulicas Sanitarias y Especiales, ND-01-IMSS-HSE-1997, IMSS, México.

Linnhoff, B., 1993, Pinch Analysis – A State-Of-the-Art Overview, Trans Icheme, Vol. 71, Part A, Septiembre, pp.503-522.

Linnhoff, B. Et al, s/f, A User Guide on Process Integration for Efficient Use of Energy, The Institution of chemical Engineers, 245pp.

Lafuente, B., 1990, Pinch Technology In The Theory And Its Application To A Biomass Integrated Gasification And Humid Air Turbine Process (IGHAT), Department of Heat and power engineering, 47pp.

Linnhoff March, 2000, Retrofit Trade-offs, en Introduction to Pinch Technology, Página de internet, [www.linnhoffmarch.co.uk/Resources/](http://www.linnhoffmarch.co.uk/Resources/)

Manzini F. 1997, Estudio Prospectivo del Impacto Ambiental Debido a Tecnologías de Uso Final de la Energía, Tesis doctoral, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, Octubre, 160 pp.

Romero, H., Et al, 1998, Identificación de Pérdidas Energéticas en la Industria Cementera Mediante el Método Pinch, en Seminario Nacional Sobre el Uso Racional de la Energía y Exposición de Equipos y Servicios, Memoria Técnica, México, D.F, 22 al 26 de Septiembre, pp.227-237.

Walk K., 1988, Termodinámica, McGrawHill/ Interamericana de México, 4ª edición, México, 905pp.

## CAPÍTULO 4

### **EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS DE USO EFICIENTE Y AHORRO DE ENERGÍA EN HOSPITALES: INTERCAMBIADORES DE CALOR, COLECTORES SOLARES PLANOS, LÁMPARAS EFICIENTES Y MOTORES ELÉCTRICOS.**

En el capítulo 3, la aplicación de la técnica de punto de pliegue propuso la instalación de 4 intercambiadores de calor en el sistema termodinámico del conjunto del IMSS. Encontramos también, que una parte importante de los requerimientos térmicos es energía de baja calidad. Mencionamos, además, que una de las fuentes alternas de energía de baja calidad es el calor proveniente de colectores solares planos (CSP). En concordancia con esto la literatura menciona el uso de CSP, como una alternativa energética factible y recomendable en hospitales [IMSS, 1997; Comisión Europea, 1999; R. Getino, 1999, F. Manzini, 1999].

En el capítulo 2 identificamos una serie de medidas para el uso eficiente y ahorro de energía eléctrica. Entre las principales medidas mencionamos el cambio de las lámparas existentes por otras más eficientes y el cambio de motores eléctricos actuales, que están trabajando o en cuanto se quemen, por motores eléctricos de alta eficiencia.

El objetivo de este capítulo es evaluar desde el punto de vista técnico y económico, el uso de:

- Intercambiadores de calor para recuperar el calor de desecho de la red de condensados y recuperar el calor de las aguas jabonosas de lavandería.
- Colectores solares planos (CSP) como una fuente alterna de energía térmica para la generación de agua caliente requerida por usos finales en el conjunto del IMSS.
- Lámparas ahorradoras y más eficientes, como alternativa de uso eficiente y ahorro de energía en el hospital del IMSS.
- Motores eléctricos de alta eficiencia, como recurso para el uso eficiente y ahorro de energía en el hospital del IMSS.

El capítulo consta de 5 secciones. En la primera sección, se definen los parámetros utilizados para la evaluación económica. En la segunda sección, hacemos la evaluación técnico económica de la recuperación de calor de desecho. En la tercera sección, evaluamos técnica y económicamente el uso de (CSP). En la cuarta sección, evaluamos el uso de lámparas ahorradoras de energía. Por último, en la quinta sección, evaluamos el cambio de los motores eléctricos estándar, existentes, por motores eléctricos de alta eficiencia en la instalación del conjunto de IMSS.



## 1. PARAMETROS ECONÓMICOS.

En esta sección definimos el periodo de recuperación (PR), el valor presente neto (VPN), la tasa interna de rentabilidad (TIR) y el análisis costo - beneficio (B/C). Los cuales son parámetros económicos que nos ayudarán para realizar la evaluación económica.

### 1.1 EL PERIODO DE RECUPERACIÓN.

“Este método busca determinar, para un proyecto en particular, el tiempo en el que se recupera la correspondiente inversión. El periodo de recuperación  $n$  corresponde al periodo (por ejemplo en años), en el cual se cumple:

$$I_0 = \sum_{j=1}^n F_j \quad (4.1)$$

Donde:

$I_0$  = Monto de la inversión inicial requerida para la realización del proyecto.

$F_j$  = Flujo de efectivo neto en el periodo  $j$ .

$n$  = Horizonte de planeación (número de periodos que dura el proyecto)”

[T. Velázquez, 1983, p.6].

Este método “tiene la ventaja de la rapidez en el cálculo y su facilidad en la interpretación. Sin embargo, no toma en cuenta la vida probable de la inversión y tampoco refleja ninguna base de comparación con los índices de rentabilidad del proyecto. ... En este método no se considera el valor del dinero en el tiempo” [V. E. Erossa, 1987, p.195].

Este parámetro, conocido por su nombre en ingles como “pay back”, es muy sencillo de obtener, puesto que, si conocemos la inversión y las utilidades promedio anuales podemos calcular el periodo de recuperación de la inversión.

El PR se conoce al aplicar la siguiente fórmula:

$$PR = \text{inversión total} / \text{beneficio promedio anual} \quad [V. E. Erossa, 1987]. \quad (4.2)$$

### 1.2 EL VALOR PRESENTE NETO.

El método del Valor Presente Neto (VPN) se basa en la suma de todos los flujos de efectivo a la tasa de descuento del proyecto en un cierto periodo base (generalmente, al inicio del proyecto). El VPN de un proyecto de inversión está dado por:

$$VPN = \left\{ \sum_{j=1}^n [F_j / (1+i)^j] \right\} - I_0 \quad (4.3)$$

Donde:

$I_0$  es la inversión inicial

$i$  es la tasa de descuento

$F_j$  es el flujo de efectivo neto en el periodo  $j$

$n$  es el número de períodos que dura el proyecto

Como lo mencionan T. Velázquez (1983) y U. Jerónimo (1999) la conveniencia de la realización de un proyecto depende del valor equivalente del VPN. De tal manera que:

Si  $VPN > 0$ , la realización del proyecto aumenta el beneficio económico del inversionista.

Si  $VPN < 0$ , la realización del proyecto disminuye el beneficio económico del inversionista.

La situación intermedia ( $VPN = 0$ ) significa entonces que la realización del proyecto no cambia la posición de bienestar económico inicial del inversionista, por lo que su conveniencia dependería de factores de naturaleza no financiera, como los intereses o gustos personales del inversionista.

“El valor presente establece la relación de rentabilidad, y toma en consideración el valor actual de las futuras utilidades” [V. E. Erossa, 1987, p.200].

### 1.3 LA TASA INTERNA DE RENTABILIDAD.

El método de la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) consiste en determinar la tasa de descuento a la cual el valor presente neto de los flujos de efectivo se hace cero.

$$VPN = \left\{ \sum_{j=1}^n [F_j / (1+i)^j] \right\} - I_0 = 0 \quad (4.4)$$

Donde:  $I_0$  es la inversión inicial.

$i$  es la tasa de descuento.

$F_j$  es el flujo de efectivo neto en el periodo  $j$ .

$n$  es el número de períodos que dura el proyecto

“La tasa interna de rendimiento (TIR), mide la factibilidad financiera de un proyecto determinado al considerar la inversión y los beneficios o utilidades que obtienen quienes aportan el capital” [V. E. Erossa, 1987, p.208].

La tasa interna de retorno debe ser mayor que la tasa de descuento utilizada por el hospital o la tasa propuesta para determinados proyectos.

#### 1.4 EL ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO.

El método del análisis costo - beneficio. (B/C) para la evaluación de proyectos de inversión mide el rendimiento en términos de valor presente por \$ peso invertido. El factor análisis B/C permite hacer comparaciones entre proyectos en términos de porcentajes y se obtiene de la siguiente manera:

$$B/C^1 = VPNB / VPNC \quad (4.5)$$

Donde :      **VPNB** es el valor presente neto de los beneficios.  
                  **VPNC** es el valor presente neto de los costos

$$VPNB = \sum_{j=1}^n [ B_j / (1+i)^j ] \quad (4.6)$$

$$VPNC = \sum_{j=1}^n [ E_j / (1+i)^j ] \quad (4.7)$$

Donde:      **B<sub>j</sub>** es el beneficio neto en el período j  
                  **E<sub>j</sub>** es el egreso en el período j  
                  **n** es el número de períodos.  
                  **i** es la tasa de descuento.

## 2. EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DE LA RECUPERACIÓN DE CALOR DE DESECHO.

En esta sección se evaluará económicamente la instalación de 4 intercambiadores de calor, uno para aprovechar las aguas jabonosas de lavandería y los otros tres más para recuperar el calor del condensado de la red de distribución de vapor del conjunto. Para la aplicación de los tres últimos intercambiadores de calor propuestos es necesario primero recuperar los condensados de la red de distribución de vapor y de retorno de condensados. Esto implica la reparación y/o cambio de todas las trampas de vapor del sistema de distribución de vapor, así como cambios en el aislamiento de la tubería de toda la red de condensados. Para el caso de las aguas jabonosas es necesario un intercambiador de calor, una cisterna recuperadora de agua y un tanque para almacenar el agua que se calienta con el calor recuperado.

En la presente sección nos proponemos hacer la evaluación técnico económica de las acciones que implican estas propuestas de ahorro y uso eficiente de la energía. Iniciamos con una descripción general de los intercambiadores, sus tipos y elementos necesarios para su selección. Posteriormente, determinamos el tipo que se ajusta a la propuesta y por último, procedemos a realizar la evaluación económica.

<sup>1</sup> [CONAE, 1997, p.99]

2.1 ASPECTOS GENERALES DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR.

Un intercambiador de calor, como lo menciona su nombre, *es un dispositivo a través del cual se realiza un intercambio de calor entre dos fluidos, uno frío, y el otro caliente, sin que estos entren en contacto directo.*

Los intercambiadores de calor se pueden clasificar, como lo propone CONAE (1995, p.113) en:

- Intercambiadores de tubos concéntricos (véase figura 4.1).
- Intercambiadores de tubos y coraza (véase figura 4.2).
- Intercambiadores de placa plana (véase figura 4.3).

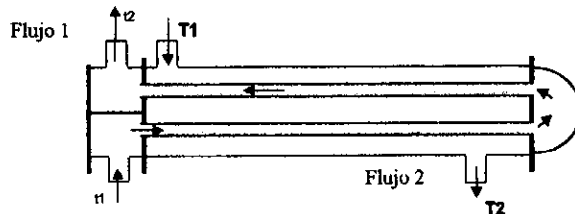
“Desde el punto de vista del diseño, el intercambiador de calor de placa plana es poco frecuente” [J. P. Holman, 1986, p.484] y en este trabajo no se tratará.

Figura 4.1. Intercambiador de tubos concéntricos.



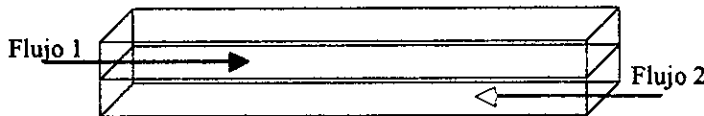
FUENTE propio

Figura 4.2. Intercambiador de tubos y coraza.



FUENTE D.Q. Kern (1950,p.140)

Figura 4.3. Intercambiador de placa plana.



FUENTE: Propio

El intercambiador de tubos concéntricos “se puede usar ya sea el flujo a contracorriente o flujo paralelo, con flujo caliente o frío en el espacio anular y el otro fluido dentro de la tubería interior [J. P. Holman, 1986, p.490].

El intercambiador de tubos y coraza o chaqueta, está formado, como su nombre lo sugiere, de una coraza dentro de la cual esta instalada una serie de tubos. En este intercambiador “uno de los fluidos circula en el interior de los tubos, mientras el otro fluido se fuerza a circular por el interior de la chaqueta y sobre el exterior de los tubos. Para asegurarse que el fluido del lado de la chaqueta circulará a través de los tubos y así conducirá una transferencia de calor mayor, se colocan deflectores en la chaqueta. ... Los cambiadores de flujo transversal se utilizan comúnmente en aplicaciones de calentamiento y enfriamiento por medio de aire o gas” [J. P. Holman, 1986, p.492].

La transferencia de calor en un intercambiador de tubería doble con flujo paralelo o cruzado se obtiene como lo propone J. P. Holman (1986, p.494).

$$q = UA\Delta T_m \tag{4.8}$$

Donde: U es el coeficiente de transferencia de calor total.

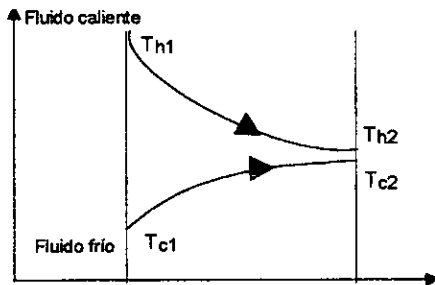
A es el área de superficie para transferencia de calor.

$\Delta T_m$  es la diferencia de temperatura media logarítmica y se obtiene de la siguiente manera:

$$\Delta T_m = \frac{(T_{h2} - T_{c2}) - (T_{h1} - T_{c1})}{\text{Ln} [(T_{h2} - T_{c2}) / (T_{h1} - T_{c1})]} \tag{4.9}$$

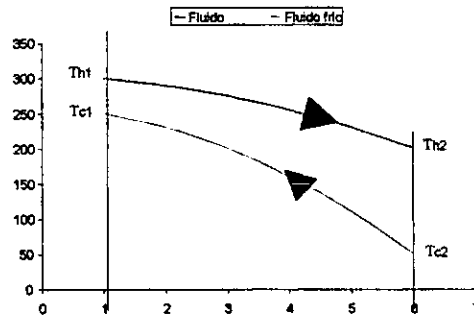
El subíndice "h" corresponde a la corriente caliente, mientras que el subíndice "c" corresponde a la corriente fría (por sus siglas en inglés). los números 1 y 2 se determinan por el tipo de flujo que puede ser de flujo paralelo o de flujo cruzado (véase figuras 4.4 y 4.5).

Figura 4.4. Perfil de temperatura para flujo paralelo con un intercambiador de doble tubería.



FUENTE: J. P. Holman (1986, p.495)

Figura 4.5. Perfil de temperatura para flujo cruzado con un intercambiador de doble tubería.



FUENTE: J. P. Holman (1986)

## 2.2 EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DE LA RECUPERACIÓN DE CALOR DE DESHECHO DE LA RED DE CONDENSADOS Y DE LAS AGUAS JABONOSAS.

Para realizar la evaluación técnico económica de los intercambiadores de calor, es importante iniciar por los requerimientos de la demanda de intercambio de calor, para después determinar el número de intercambiadores a proponer. Posteriormente definiremos todos los datos del tipo o de los tipos de intercambiador. Finalmente, se hace la evaluación económica.

El número de intercambiadores y el ahorro de energía esperada con su instalación fueron estimados en el capítulo 3. En esta subsección determinaremos y seleccionaremos el o los tipos de intercambiadores adecuados y procederemos a realizar la evaluación económica correspondiente.

En el capítulo 3 definimos 4 intercambiadores, los cuales vamos a evaluar económicamente a continuación. Cabe mencionar que el intercambiador señalado entre los condensados y el agua de reposición, prácticamente no es un intercambiador, ya que los condensados se suministran directamente como agua de reposición a las calderas. El agua de los condensados es el tipo más adecuado para la reposición de agua a las calderas, puesto que está tratada químicamente. Idealmente sería entonces recomendable recuperar el 100% del agua de los condensados para que esta se transforme nuevamente en vapor. Reponiendo solamente el agua necesaria para satisfacer la demanda de vapor.

Con los datos de la *tabla 4.1* solicitamos la cotización de los intercambiadores de calor (véase datos en la *tabla F.1 de los anexos*). En el intercambiador de calor N°1 los condensados (corriente caliente) entran a 85°C con un flujo de 19.71 lpm. Por el contrario el agua sanitaria (corriente fría) entra a 25°C y a 31.6 lpm. Con la instalación de este intercambiador se espera un ahorro de energía anual de 1,734,480 MJ.

*Tabla 4.1 Datos de los tres intercambiadores de calor que se propone instalar en el conjunto del IMSS<sup>2</sup>.*

No.	Intercambiador de calor Identificación	T <sub>ent</sub> (°C)	T <sub>sal</sub> (°C)	Flujo (lpm)	Calor	
					(KW año)	(MJ-año)
1	Condensados	85	43.6	23.2	67	2,112,912
	Agua Sanitaria <sup>3</sup>	25	55.45	31.54		
2	Condensados	85	45	7.885	22	693,792
	Agua caliente de lavandería <sup>4</sup>	55	63.53	36.99		
3	Aguas jabonosas	85	51.79	7.599	17.6	555,034
	Agua caliente de lavandería	25	54.83	8.459		

FUENTE: Cálculos propios

Para la evaluación de los dos primeros intercambiadores de la *tabla 4.1* vamos a incluir el costo de rehabilitación de la red de condensados, lo cual requiere el cambio de trampas para vapor de todo el sistema y el cambio del aislamiento de la tubería de la red de condensados. El cambio de trampas para vapor implica además el cambio de las válvulas seccionadoras y el cambio de los filtros. Dos válvulas se utilizan en la instalación de una trampa de vapor para seccionar la red en donde esta instalada esta. Lo anterior, para revisar, reparar o cambiar la trampa. Antes de cada trampa se instala un filtro, cuya función es proteger la trampa de impurezas y residuos que le impidan operar adecuadamente.

En el sistema de distribución de vapor del conjunto del IMSS se estima que se requiere cambiar 34 trampas de vapor de diferentes medidas, el mismo número de filtros y 68 válvulas seccionadoras, además, se requiere cambiar el aislamiento de 550 metros de tubería (véase detalles de costos en *tabla F.3 en anexos*). A los resultados de los costos

<sup>2</sup> Véase detalle en la Tabla F.1 en anexos.

<sup>3</sup> La temperatura final del agua sanitaria se baja a 50 °C, por lo se reduce la capacidad calorífica necesaria a 55 kW.

<sup>4</sup> Aumentamos la capacidad calorífica a 22 kW

mencionados se agregan los costos de los dos intercambiadores. Por otro lado la energía ahorrada total, a saber, 3,037,547 MJ es la suma de la energía por recuperar con los dos intercambiadores (2,807,019 MJ), mas la energía recuperada en los condensados suministrados directamente a las calderas (230,528 MJ). En la *tabla 4.2* se presenta los resultados de la evaluación económica (*véase tabla F.5 en anexos*).

Cabe señalar que para todos los cálculos que se hacen en este capítulo, en forma general, las hipótesis principales son:

- a) El IMSS aporta los recursos para llevar a cabo esta operación y no requiere de servicios de financiamiento.
- b) Consideramos que no hay costo de mano de obra, puesto que en la plantilla de personal del departamento de conservación se cuenta con técnicos capacitados para realizar estos trabajos.
- c) Consideramos una tasa de descuento del 10%.
- d) Suponemos que la obra se realiza en un año.
- e) Se estima un 5% del ahorro anual de energía para el mantenimiento de los equipos.
- f) Todos los cálculos económicos están en dólares de diciembre de 1999.
- g) Además de las que en cada caso particular se mencionen.

Las principales hipótesis particulares de los cálculos siguientes, son:

- a) Para el costo de mano de obra por la instalación del aislamiento, estimamos un 30% del costo total del mismo.
- b) Consideramos 10 años como tiempo de vida útil de los equipos evaluados.
- c) De igual forma, consideramos que la red de condensados se mantiene en condiciones adecuadas de operación durante 10 años.
- d) La eficiencia de la caldera es del 80%.
- e) Tomamos como base el escenario bajo del precio del diesel (*para los escenarios de precios véase tabla F.4 en anexos*).
- f) El agua sanitaria se calienta con un sistema mixto. Se inicia el proceso recuperando el calor del condensado, según los datos de la *tabla 4.1*, y el calor faltante se obtiene por los medios convencionales.

Como podemos observar en la *tabla 4.2*, los resultados de la evaluación económica son muy atractivos. Con un periodo de recuperación menor a un año, y en consecuencia los calores de VPN, TIR y análisis B/C son valores muy altos.

Para aprovechar el calor de las aguas jabonosas de lavandería, además del intercambiador de calor se requiere instalar un cisterna donde se vacíe el agua de las lavadoras de ropa y un tanque donde se almacene el agua que se caliente con el calor recuperado de las aguas jabonosas. En la evaluación económica, se procede en consecuencia a sumar los costos del intercambiador usado y los costos de la instalación de la cisterna y del tanque. Hay que asociar el costo de una pequeña bomba para hacer circular las aguas jabonosas a través del intercambiador de calor.

Se propone que la cisterna tenga una capacidad de 2000 litros, el tanque de almacenamiento una capacidad de 5000 litros y que la capacidad de la bomba sea de 0.5 HP.

En la *tabla 4.3* se muestran los resultados de la evaluación de esta medida de ahorro de energía (*véase detalles en la tabla F.6 en anexos*).

*Tabla 4.2 Resultado de la evaluación económica de la recuperación de calor de los condensados de la red del conjunto del IMSS.*

Concepto	Cantidad
Costo de rehabilitación de la red (dólares dic. 2000) <sup>5</sup>	\$ 21,536
Costo del intercambiador 1 (dólares dic. 2000)	\$ 2,155
Costo del intercambiador 2 (dólares dic. 2000)	\$ 1,452
Costo total (dólares dic. 1999)	\$25,144
Ahorro anual de energía (MJ)	2,806,704
Eficiencia de los intercambiadores (%)	95.00%
Ahorro anual de energía (MJ)	2,666,369
Ahorro anual de energía por AR (MJ)	230,528
Ahorro total de energía anual (MJ)	2,896,897
Poder calorífico del diesel (MJ/lt.)	36.04
Eficiencia de la caldera (%)	80
Combustible equivalente (lts.)	100,475
Costo del litro de diesel (dólares dic. 1999)	\$ 0.42
Ahorro económico anual (dólares dic. 1999)	\$42,200
Periodo de recuperación (años)	0.60
VPN (dólares dic. 1999)	\$ 234,154
TIR (%)	167.81%
VPB (dólares dic. 1999)	\$ 259,298
VPC (dólares dic. 1999)	\$ 38,109
B/C	6.8
<b>FUENTE: Cálculos propios</b>	

Las principales hipótesis particulares para hacer los siguientes cálculos son:

- El agua jabonosa permanece en la cisterna solamente el tiempo que tarda en circular por el intercambiador.
- La cisterna se encuentra aislada térmicamente y se consideran mínimas las pérdidas de calor.
- La bomba esta diseñada para trabajar a la temperatura y condiciones de las aguas jabonosas.
- La vida útil de la bomba, en condiciones normales de operación es de 10 años.
- La bomba trabaja en el horario de trabajo de la lavandería (6 – 22 hrs.) en forma continua .

<sup>5</sup> Véase tabla F.2 en anexos



- f) Entre la lavadora de ropa y la cisterna se coloca una trampa de impurezas y residuos. Sus costos están integrados a los costos de la cisterna.
- g) La eficiencia de la caldera es del 80%.
- h) Además de las hipótesis generales antes mencionadas.

*Tabla 4.3 Resultado de la evaluación económica de recuperar el calor de las aguas jabonosas de lavandería.*

Concepto	Cantidad
Costo de la cisterna (Dólar dic. 2000)	\$1,300
Costo de la bomba de 0.5 HP <sup>6</sup> (Dólar dic. 2000)	\$298
Costo del tanque (Dólar dic. 2000)	\$2,300
Costo del intercambiador (Dólar dic. 2000)	\$1,323
Costo total (Dólar dic. 1999)	\$5,361
Consumo de energía de la bomba (kW)	2,175
Ahorro anual de energía (MJ)	555,034
Eficiencia del intercambiador (%)	95%
Ahorro anual de energía (MJ)	527,282
Poder calorífico del diesel (MJ/lts.)	36.04
Combustible equivalente (Lts.)	18,288
Costo del litro de diesel (Dólar dic. 1999)	\$0.42
Ahorro económico anual por energía (Dólar dic. 1999)	\$7,675
Costo del consumo energía de la bomba (Dólar dic. 1999)	\$134.87
Ahorro total (Dólar dic. 1999)	\$7,540
Periodo de recuperación (años)	0.70
Valor Presente Neto ( $td^7 = 10\%$ ) (Dólar dic. 1999)	\$38,836
Tasa interna de retorno (%)	140.5066
Valor Presente Neto de beneficios (Dólar dic. 1999)	\$76,748
Valor Presente Neto de costos (Dólar dic. 1999)	\$9,199
Beneficio/ Costo	8.34

FUENTE: Cálculos propios

Los resultados registrados en la *tabla 4.3*, son similares a los datos de la *tabla 4.2*. Es importante señalar que la evaluación económica de las *tablas 4.2 y 4.3* se realizó con el escenario bajo de precios de diesel, por lo que podemos inferir que la evaluación económica con los precios de diesel de los escenarios medio y alto arrojaran mejores resultados.

<sup>6</sup> Bombas centrifugas de bronce, McMASTER-CAR, Suply Company, On line, p.229, [www.McMaster.com](http://www.McMaster.com)

<sup>7</sup>  $td$  = tasa de descuento

### 3. EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL USO DE COLECTORES SOLARES PLANOS EN EL CONJUNTO DEL IMSS.

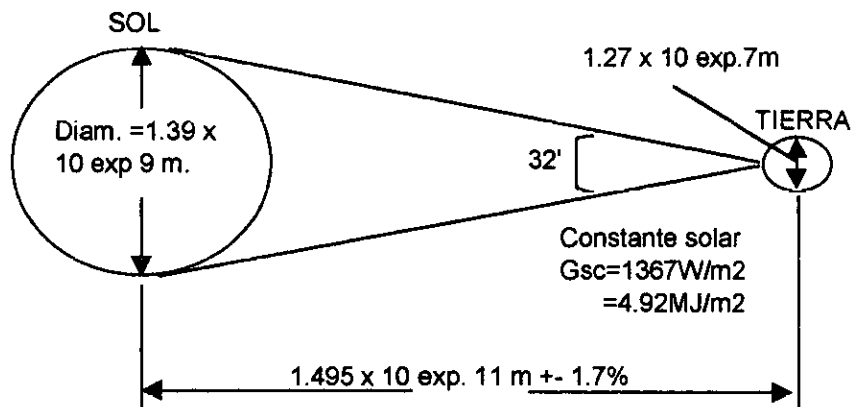
Esta sección se presenta en 4 subsecciones. En la primera subsección se determina la radiación solar. En la segunda subsección se hace una descripción técnica de los colectores solares planos (CSP). En la tercera subsección, propone una metodología para la evaluación técnico económica de CSP. Por último, en la cuarta subsección se realiza la evaluación técnico económica del uso de CSP como alternativa energética para calentamiento de agua.

#### 3.1 LA RADIACIÓN SOLAR.

La radiación solar que recibe la tierra, tiene como origen que el sol emite radiación hacia el exterior, como si se comportara como un cuerpo negro a una temperatura cercana a los  $5777^{\circ}\text{K}$  [J.A. Duffie, 1991, p.3].

En la *figura 4.6* se encuentra los datos de distancias y tamaños estimados de la tierra y el sol. Se encuentra además, el dato de la constante solar ( $G_{sc}$ ) que es la radiación estimada fuera de la atmósfera terrestre [J. A. Duffie, 1991, p.5].

*Figura 4.6. Esquema tierra sol.*



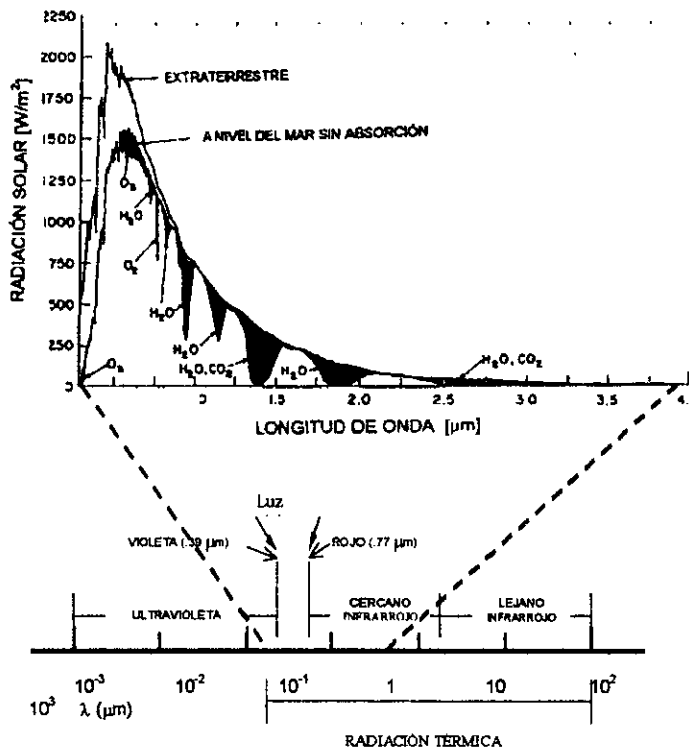
FUENTE: J.A. Duffie, 1991, p.5

“La radiación solar se recibe en la superficie terrestre de dos formas: directa y difusa, la radiación directa es la que penetró en la atmósfera y que no fue absorbida por la capa de ozono ni por los gases ni por los aerosoles de la estratósfera y tropósfera. Cuando la radiación directa se dispersa de su dirección original a través de la atmósfera debido a colisiones de partículas, o se refracta debido a los cambios de presión, densidad y temperatura de los gases de la tropósfera, se atenúa y recibe el nombre de radiación difusa. A la suma de la radiación directa y difusa se le conoce como radiación total” [F. Manzini, 2000, p.1].

En la *figura 4.7* presentamos la distribución espectral de la radiación solar a nivel de la superficie terrestre.

Como podemos ver en la *figura 4.7* de una amplia gama de radiación, la luz visible se encuentra entre las 0.36 a 0.77 $\mu\text{m}$ . Aunque la radiación térmica abarca una gama considerable, el rango más importante para el aprovechamiento de la energía solar está entre las 0.3 y 3  $\mu\text{m}$  [J.A. Duffie, 1991, p.250]. Como se puede ver en la *figura 4.7* la radiación solar es mayor en el rango de longitud de onda citado.

*Figura 4.7. El Espectro solar.*



FUENTE: F. Manzini, 5-2000, p.1

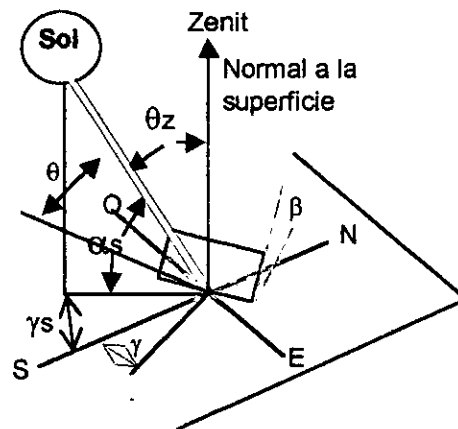
### 3.1.1 Geometría solar con un colector solar plano.

La geometría solar, o más bien la relación de un punto terrestre con respecto a un rayo de sol, se representa en la *figura 4.8*. En ella se muestra un esquema de la orientación, ubicación y definición de los conceptos principales de la geometría solar.

En la *figura 4.8* se muestra primeramente el marco de referencia, ubicando los puntos cardinales. Además, se representa el rayo solar, la normal del plano y un colector inclinado. La inclinación del colector se representa con el ángulo  $\beta$ . El ángulo de la altura solar respecto al plano por  $\alpha_s$ . El ángulo azimutal de superficie ( $\gamma$ ), el cual representa la

desviación en grados que se encuentra nuestro colector respecto al sur, los valores de apertura hacia el punto cardinal Este (E) se consideran como negativos y los valores de apertura hacia el punto cardinal Oeste (O) se consideran positivos. El ángulo azimutal solar ( $\gamma_s$ ), es el ángulo de desplazamiento del rayo solar y su proyección en el plano horizontal, con respecto al sur. Por último, el ángulo zenital ( $\theta_z$ ), es el ángulo formado entre el rayo solar y la normal de la superficie.

Figura 4.8. Geometría solar.



FUENTE: J.A.DUFFIE, p.14

Otros datos importantes para el diseño y aprovechamiento de la energía solar son:

La declinación ( $\delta$ ), el cual representa la posición del sol al medio día con respecto al plano del ecuador. Este toma valores entre  $-23.45^{\circ}$  y  $23.45^{\circ}$  [J.A. Duffie, 1991, p.13].

La latitud ( $\phi$ ), es la localización angular de la localidad en cuestión en la esfera terrestre, al sur del ecuador (negativo) y al norte (positivo).

El ángulo de incidencia ( $\theta$ ) que representa el ángulo formado entre el rayo solar y la normal del plano inclinado (el colector).

El ángulo horario ( $w$ ), es el desplazamiento angular del sol, Este Oeste, respecto al horizonte terrestre. A partir del medio día toma valores de  $15^{\circ}$  por hora. Los valores de la mañana son negativos y los de la tarde positivos.

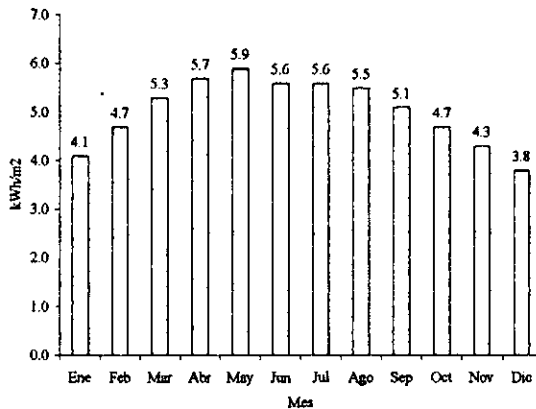
### 3.1.2 La radiación en México y en la Ciudad de Aguascalientes.

“México es un país con un situación climática privilegiada, con buena insolación la mayor parte del año en la mayor parte de su superficie” [F. Manzini, 1999, p.2].

En las *gráficas 4.1 y 4.2* se presenta la irradiación global media mensual de México y de la ciudad de Aguascalientes, respectivamente. Nótese que la radiación promedio mensual de la ciudad de Aguascalientes es mayor que el promedio de la radiación promedio mensual

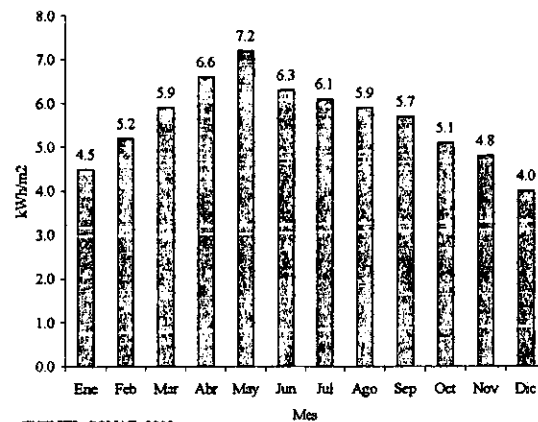
del país. La radiación promedio anual de la ciudad de Aguascalientes es de  $20.19 \text{ MJ/m}^2$ , mientras que la radiación promedio anual del país es de  $18.09 \text{ MJ/m}^2$  [CONAE, 2000].

Gráfica 4.1 Radiación global media de la República Mexicana.



FUENTE: CONAE, 2000

Gráfica 4.2 Radiación global media de la ciudad de Aguascalientes.



FUENTE: CONAE, 2000

### 3.1.3 El aprovechamiento de la energía solar para calentamiento de agua.

“El sistema de calentamiento de agua solar está formado básicamente por tres elementos: un dispositivo termo conversor de la radiación solar o colector solar, un recipiente diseñado para el almacenamiento de agua caliente (almacenamiento térmico) o termo tanque y un sistema para la circulación y distribución de la misma” [I. Pilatowsky, 1999, p.3].

Los colectores solares por su diseño y rango de temperatura se dividen en tres tipos: el primer tipo es el colector de placa plana, que son los dispositivos que absorben la energía solar en una placa plana y que generalmente están fijos y alcanzan temperaturas no mayores a  $90^{\circ}\text{C}$  [R. Martínez, 1997, p.3]. Los colectores de tipo de tubos evacuados, los cuales captan la energía solar incidente en tubos inmersos en un ambiente de vacío, generalmente dentro de tubos de vidrio, alcanzando temperaturas cercanas a los  $200^{\circ}\text{C}$  con aceptable eficiencia [W.C. Dickinson, 1980, p.234]. Finalmente, los concentradores, los cuales los hay de muchas formas y capacidades de concentración, llegando a temperaturas muy superiores a las obtenidas por los dos tipos anteriores.

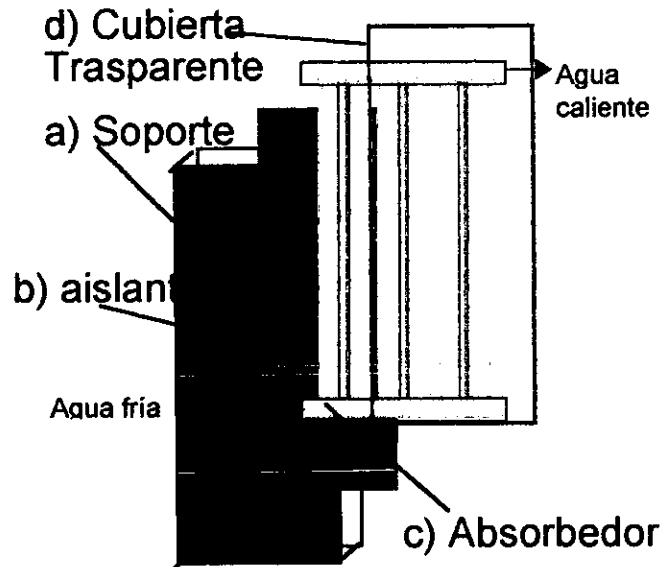
## 3.2 COLECTORES SOLARES PLANOS.

En la presente tesis nos interesa la aplicación de los CSP para calentamiento de agua por lo que, dedicaremos esta subsección para estudiarlos con mayor detalle.

### 3.2.1 Componentes principales de los colectores solares planos.

Los elementos más importantes de un CSP son (véase figura 4.9): a) el soporte o carcaza, b) el aislante, c) el absorbedor, y d) la cubierta transparente.

Figura 4.9. Esquema de un colector solar plano.



- a) El soporte o carcasa está formado por el cajón, donde se coloca el absorbedor y los aditamentos, con los cuales se fija y se da la inclinación al colector.
- b) Para disminuir las pérdidas térmicas, principalmente por conducción, el fondo y los laterales del cajón debe estar aislado.
- c) El absorbedor está constituido de una placa metálica unida a un tubo por donde circula el fluido portador de calor. Hay muchas configuraciones. El más recomendado es el de tipo aleta.
- d) La cubierta transparente favorece el "efecto invernadero", es decir permitir el paso a la radiación de onda corta y evitar que salga la radiación de onda larga.

Las aplicaciones más comunes de los CSP son: para calentamiento de agua de uso doméstico, calentamiento de agua de piscinas y calentamiento de agua para usos industriales. La tecnología de CSP está muy avanzada en todo el mundo. En México, hay varias empresas constructoras y algunos distribuidores de marcas extranjeras. En el país en 1998 se contaba con 293,112 m<sup>2</sup> de colectores instalados [SE, 1998, p.46].

Hacemos notar que un aspecto importante del uso de energía solar como alternativa energética es el aspecto ambiental. Por el contenido de la presente tesis no abordamos el tema. Sin embargo, afirmamos que es una parte importante y tema de otro trabajo.

### 3.2.2 Tanque de almacenamiento y sistemas de circulación.

El tanque de almacenamiento es un recipiente en el cual se almacena el agua caliente para tenerla disponible a la hora que sea requerida su utilización. Este tanque debe estar aislado térmicamente y ubicado de acuerdo al tipo de sistema donde esté instalado.

Los dos sistemas más utilizados para la producción de agua caliente por medio de la energía solar se diferencian por la forma en que circula el agua entre el colector y el tanque de almacenamiento. Las dos formas de circulación del agua son:

- a) Sistemas de circulación natural, y
- b) Sistemas de circulación forzada.

Los sistemas de circulación natural o de efecto termosifón, “la circulación del agua al interior del colector se puede efectuar de manera natural por medio de la gravedad, utilizando la diferencias de densidades debidas a los gradientes de temperaturas entre la zona fría y la zona caliente del sistema” [I. Pilatowsky, 1999, p.11]. Estos sistemas se utilizan generalmente para calentar volúmenes de agua relativamente pequeños. En este tipo de circulación el tanque de almacenamiento de agua se requiere que se coloque por encima del nivel de la salida de agua del colector y lo más cercano posible a este. Son sistemas sencillos y más económicos, sin embargo, requiere de una adecuada instalación hidráulica.

En los sistemas de circulación forzada se utiliza una bomba para circular el agua en el circuito cerrado formado por la instalación del sistema. Estos sistemas se instalan generalmente para volúmenes de agua mayores y donde el termotanque no puede ser colocado por encima del nivel de los colectores. Generalmente este tipo de circulación hace más eficientes los colectores. Para lograr una adecuada instalación hidráulica es importante tener en cuenta la configuración y conexión de los diversos colectores y el diámetro de la tubería.

### 3.3 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL USO DE COLECTORES SOLARES PLANOS PARA CALENTAMIENTO DE AGUA.

En esta subsección presentamos la metodología para hacer la evaluación técnico económica del uso de CSP para calentar agua.

La metodología de evaluación técnico económica de colectores solares planos para calentar agua tiene el procedimiento siguiente:

- a) Determinación de la demanda de agua caliente, lo más puntual posible.
- b) Definir diferentes estrategias para cubrir la demanda de calor.
- c) Elección de la estrategia que más convenga.
- d) Evaluación técnico económica de la aplicación de la estrategia elegida.

#### 3.3.1 Determinación de la demanda de agua caliente.

Para hacer la evaluación de la alternativa del uso de CSP para calentamiento de agua es importante conocer el perfil de la demanda térmica requerida. Esto implica conocer los siguientes datos: la temperatura del agua caliente, cantidad y horario del agua caliente demandada. La complejidad de conocer las características de la demanda se incrementa

proporcionalmente con el tamaño de la red de agua caliente y la diversidad de los usos del agua caliente.

Por lo general se conoce la cantidad de agua utilizada en una instalación, puesto que el municipio, o la concesionaria de aguas mensualmente factura una cantidad. Sin embargo conocer la cantidad de agua caliente que se consume no se conoce debido a que no se cuenta con medidores en los tanques o en los distintos puntos específicos de la red de agua caliente.

Es sin embargo importante conocer lo más puntual posible la demanda de agua caliente. Se recomienda determinar la demanda de agua caliente en cada hora del día ya que de esta manera para los colectores solares planos se tendrá una disponibilidad de energía bien definida, distribuida en forma específica en determinadas horas del día.

### 3.3.2 Definir diferentes estrategias para cubrir la demanda de calor.

Algunas alternativas son:

- a) Cubrir el 100% de la demanda de agua caliente, generada por CSP.
- b) En los meses más calientes cubrir el 100% de la demanda con agua caliente generada por CSP y el resto del año cubrir la demanda térmica con la generación de agua caliente por otros medios.
- c) A partir del concepto de la “fracción solar”<sup>8</sup> determinar el porcentaje más adecuado.

La primera alternativa implica que en la temporada más fría se va a satisfacer la demanda al 100% con CSP. Lo anterior implica un sobredimensionamiento del área de colectores solares y a que en los meses más calientes, la capacidad térmica de los CSP sobrepasa la carga térmica demandada. Lo cual producirá un escalamiento importante en los costos de esta alternativa.

En la segunda alternativa el área de colectores es menor y se aprovecha al máximo la capacidad instalada. Esta instalación se vuelve mas atractiva y puede llegar a ser económicamente rentable. Sin embargo en los meses más fríos, la mayor parte del agua caliente demandada se genera por los medios convencionales. Además se garantiza la continuidad del servicio en los días nublados o con una baja radiación solar.

Por último, en la tercera alternativa se realiza con el respaldo de un estudio técnico detallado. Esto se hace cuando se cuenta con los recursos para la realización de un proyecto, y el tamaño del proyecto los justifica.

---

<sup>8</sup> Podemos definir el término de “fracción solar” como el porcentaje de cobertura de la demanda de energía requerida para calentamiento de agua, que se satisfará con energía solar entregada por una determinada área de CSP.



### 3.3.3 Evaluación técnico económica.

Una vez definida la estrategia se procede a su evaluación técnica integrando las condiciones de la localidad, la ubicación, las características del edificio y de la instalación donde se pretende implementar el proyecto. Con respecto a la localidad necesitamos conocer su latitud, longitud, condiciones ambientales y si es posible los niveles de radiación.

La ubicación y las características del edificio son elementos importantes porque ahí se define la posibilidad de la instalación. Se localizan los espacios adecuados, en los cuales no se tengan impedimentos como la existencia de muros o árboles que hagan sombra, en el lugar en donde se colocará el CSP, en algún intervalo de tiempo en el día.

Por último, hay que conocer las condiciones ambientales (temperatura, velocidad y dirección del viento, humedad relativa, principalmente) tanto de la localidad como del edificio ya que son determinantes para la ubicación de los CSP.

Los resultados esperados de la evaluación técnica son: la viabilidad técnica de la aplicación de CSP en el lugar y la energía que se puede ahorrar con la instalación de CSP, respecto a la situación actual.

Finalmente, la evaluación económica se realiza con los parámetros económicos siguientes: PR, VPN TIR y B/C.

## 3.4 EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL USO DE COLECTORES SOLARES PLANOS EN EL CONJUNTO DEL IMSS.

En esta subsección aplicamos la metodología descrita en la subsección anterior en la evaluación técnico económica de generar agua caliente sanitaria con CSP para nuestro estudio de caso.

Para mostrar la aplicación de la metodología propuesta, a continuación realizaremos la evaluación técnico – económica para el uso de agua caliente sanitaria.

### 3.4.1 Determinación de la demanda de agua caliente.

Para determinar la demanda horaria de agua caliente sanitaria no se cuenta con información oficial. Sin embargo, de acuerdo a nuestras estimaciones la distribución de demanda horaria es la de la *gráfica 4.3*. Para obtener datos precisos es recomendable hacer mediciones y contar con un monitoreo constante para determinar la demanda de agua caliente en los hospitales [Comisión Europea, 1999, p.14; F. Manzini, 1999, p.4].

Con los datos de la *gráfica 4.3* y el consumo diario obtenido con las mediciones realizadas (véase *tabla A.9 en anexos*), se estima el consumo horario del conjunto del IMSS (*tabla 4.4*).

Gráfica 4.3 Distribución de la demanda horaria (estimada) de agua caliente sanitaria en el conjunto del IMSS.

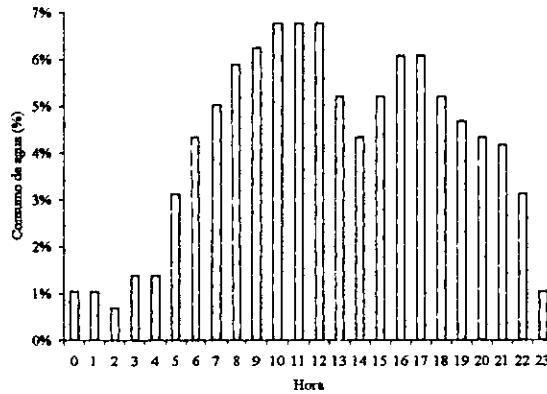


Tabla 4.4 Consumo horario (estimado) de agua caliente sanitaria del conjunto del IMSS.

Hora	Its.	Hora	Its.	Hora	Its.	Hora	Its.
0	600	6	2500	12	3900	18	3000
1	600	7	2900	13	3000	19	2700
2	400	8	3400	14	2500	20	2500
3	800	9	3600	15	3000	21	2400
4	800	10	3900	16	3500	22	1800
5	1800	11	3900	17	3500	23	600
<b>Consumo total diario de agua caliente</b>							<b>57,600</b>
<b>FUENTE: Estimación propia</b>							

3.4.2 Herramienta utilizada en la evaluación técnica.

Para hacer la evaluación técnica utilizamos como herramienta la aplicación numérica, desarrollada en lenguaje Turbo Pascal por G. Ibañes (1999) (véase anexo "E"), de la Simulación matemática de sistemas termo solares de C. Estrada, (1994).

La simulación, según el autor "está enfocada a los sistemas térmicos y su objetivo es presentar los elementos principales para hacer simulaciones matemáticas de ellos" [C. Estrada, 1994, p.3]. En ella se presentan las ecuaciones matemáticas para calcular los diferentes componentes de un sistema de calentamiento de agua con energía solar, las simplificaciones y los resultados obtenidos. Como ejemplo se toman los datos de una lavandería de la ciudad de Mexicali.

La aplicación de G. Ibañes (1999) se probó con los datos del ejemplo utilizado por C. Estrada (1994) obteniendo sus resultados.

Con la herramienta mencionada se determina la declinación solar  $\delta$  del día representativo de cada mes. Se calcula además, la radiación incidente sobre un plano inclinado en

cualquier localidad del país. Cuenta además, con un modelo para calcular las temperaturas horarias promedio mensual de la localidad deseada. Se emula también el tamaño del tanque de almacenamiento. Por último, se puede calcular el calor útil obtenido para diferentes áreas de CSP y la fracción que representa con respecto al total de energía requerida para cubrir la demanda de agua caliente.

Para el uso de la herramienta de simulación se necesita conocer los datos siguientes:

- a) Latitud, longitud, altura, temperaturas promedio mensual (en la adaptación utilizamos las temperaturas promedio mensual máximas y mínimas), radiación promedio mensual.
- b) Respecto al colector: área, eficiencia, materiales de construcción y propiedades térmicas y ópticas.
- c) Respecto al tanque: materiales de construcción y sus propiedades de conductividad térmica.
- d) De la demanda: Flujo másico, temperatura esperada, temperatura del agua de alimentación y temperatura del agua de retorno.

Los resultados de la corrida del programa son:

- a) La fracción solar, que representa la fracción de energía que se obtendrá con el uso de una determinada área de CSP, respecto a la energía total requerida para cubrir la demanda térmica.
- b) Para el día más representativo de cada mes del año y en forma horaria: la radiación ( $G_t$ ), la temperatura del agua en el tanque de almacenamiento ( $T_s$ ), la eficiencia del grupo de colectores ( $E_{fi}$ ), la temperatura ambiente ( $T_{amb}$ ), el calor útil ( $Q_u$ ) obtenido con el área de colectores definida, el calor auxiliar ( $Q_{aux}$ ) que se requiere administrar y el calor total ( $Q_t$ ) para cubrir la demanda.

### 3.4.3 Evaluación técnica.

Para realizar la evaluación técnica del uso de CSP para calentar el agua sanitaria del conjunto del IMSS nos auxiliamos con la herramienta presentada en la subsección anterior.

Los datos utilizados de la ciudad de Aguascalientes son: la radiación promedio mensual (*gráfica 4.2*), las temperaturas máximas y mínimas promedio mensuales de 1999 (*véase tabla F.7 en anexos*), la latitud ( $21^{\circ} 52'$ ), la longitud ( $102^{\circ} 18'$ ) y la altitud (1,874.12 msnm).

Se evaluó el colector solar Sunway SM37-V con una inclinación igual a la latitud del lugar. Los datos del colector se encuentran en anexos (*véase tabla F.8*).

Se hace el análisis suponiendo dos casos:

El caso 1, el cual representa las condiciones actuales de la instalación de agua caliente sanitaria del conjunto del IMSS.

- a) La temperatura del agua que está en el tanque al inicio del ejercicio es 50 °C.
- b) La temperatura del agua de la demanda es 60 °C.
- c) La temperatura del agua de retorno al tanque es 25 °C.

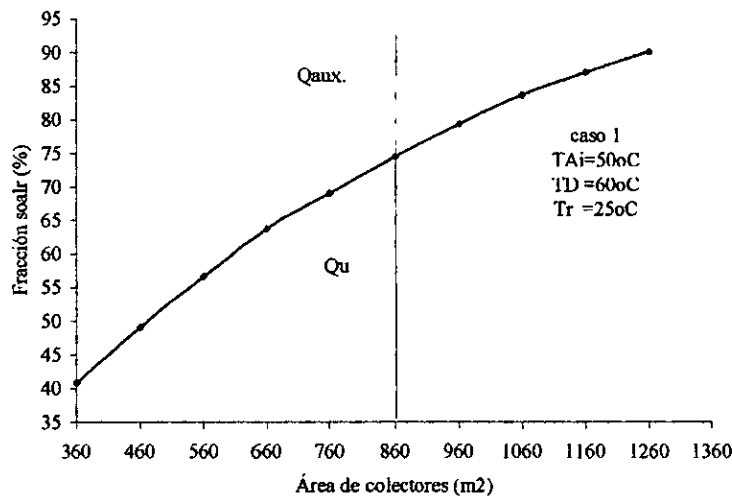
El caso 2, representa una disminución de la temperatura del agua demandada de 10 °C.

- d) La temperatura del agua que está en el tanque al inicio del ejercicio es 40 °C.
- e) La temperatura del agua de la demanda es 50 °C.
- f) La temperatura del agua de retorno al tanque es 25 °C.

Los resultados para el caso 1 son los siguientes:

Primeramente presentamos en la *gráfica 4.4* la fracción solar, donde se representa el porcentaje de energía aportada por diferentes áreas de colectores.

*Gráfica 4.4 Fracción solar (caso 1).*



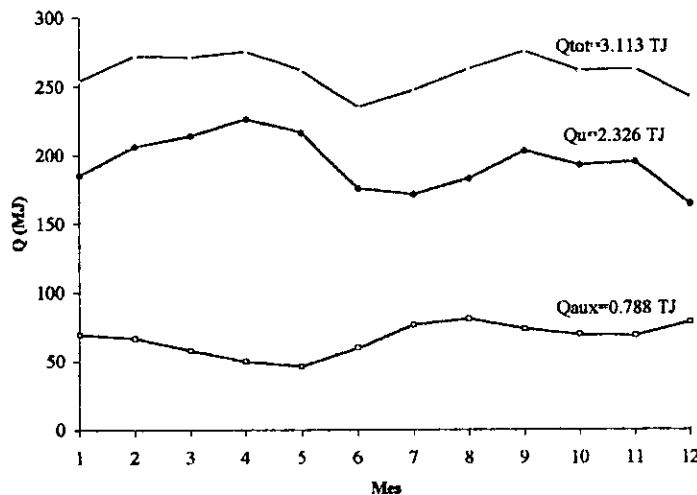
FUENTES: Cálculos propios

Como podemos observar en la *gráfica 4.4*, para cubrir el total de la demanda con colectores solares, en el caso 1, necesitaríamos un área de CSP mayor de 1360 m<sup>2</sup>. Según nuestra estrategia elegimos el punto donde la fracción solar alcanza un 75%. Estrada, (1994, p.20) lo propone como el punto adecuado. Para este caso es de 860m<sup>2</sup> de colector.

En la *gráfica 4.5* se presenta el resultado de la aportación solar con un área de colectores de 860 m<sup>2</sup>, el calor auxiliar y el total del total requerido por la demanda del conjunto del IMSS para calentamiento de agua sanitaria.

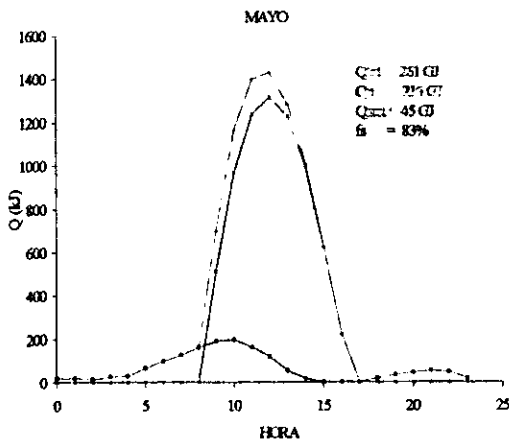
En las *gráficas 4.6 y 4.7* se presenta la distribución horaria del calor útil (Qu), calor auxiliar (Qaux) y calor total (Qtot) del día representativo de los meses mayo y octubre.

Gráfica 4.5 Distribución anual del calor aportado con 860 m<sup>2</sup> de colectores, el calor auxiliar y total (caso 1).



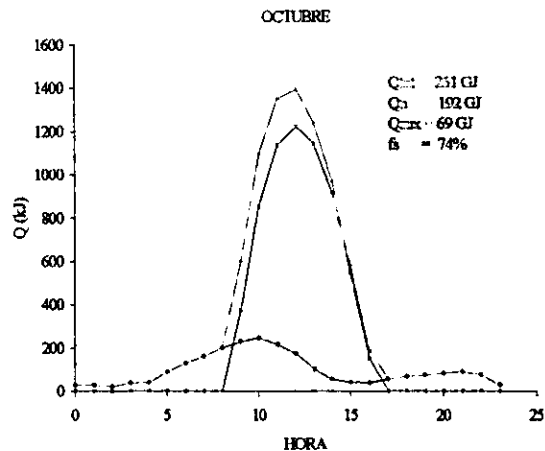
FUENTES: Cálculos propios

Gráfica 4.6 Distribución de la energía aportada con 860 m<sup>2</sup> de colectores en el mes de mayo (caso 1).



FUENTES: Cálculos propios

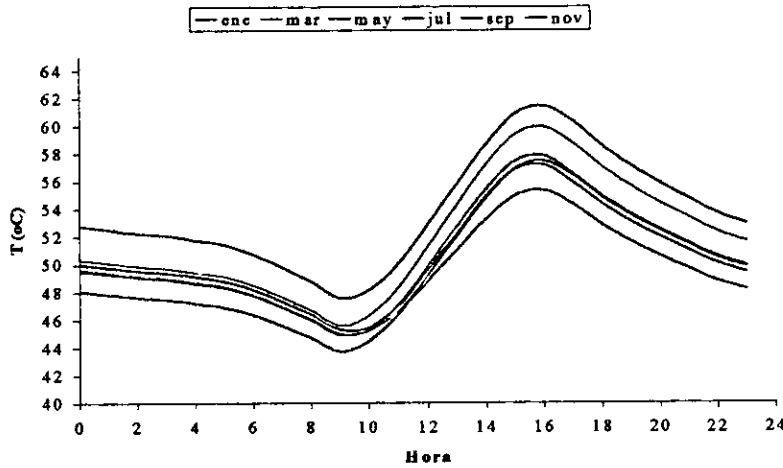
Gráfica 4.7 Distribución de la energía aportada con 860 m<sup>2</sup> de colectores en el mes de octubre (caso 1).



FUENTES: Cálculos propios

Finalmente en la gráfica 4.8 presentamos el resultado de la temperatura en el tanque de almacenamiento (T<sub>s</sub>) del sistema de calentamiento de agua en forma horaria de diferentes meses del año. Podemos observar que la T<sub>s</sub> tiene una distribución similar en todos los meses. La T<sub>s</sub> tiene un descenso hasta la hora 9 y posteriormente se incrementa hasta alcanzar su máximo valor en la hora 15, de donde desciende nuevamente hasta alcanzar los valores iniciales.

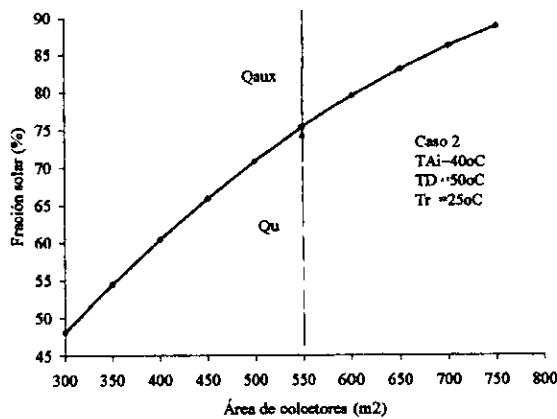
Gráfica 4.8 Distribución mensual horaria de la temperatura de salida del grupo colector (caso 1).



FUENTES: Cálculos propios

Los resultados del caso 2 se presentan en las siguientes cinco gráficas (4.9 a 4.13).

Gráfica 4.9 Fracción solar (caso 2).

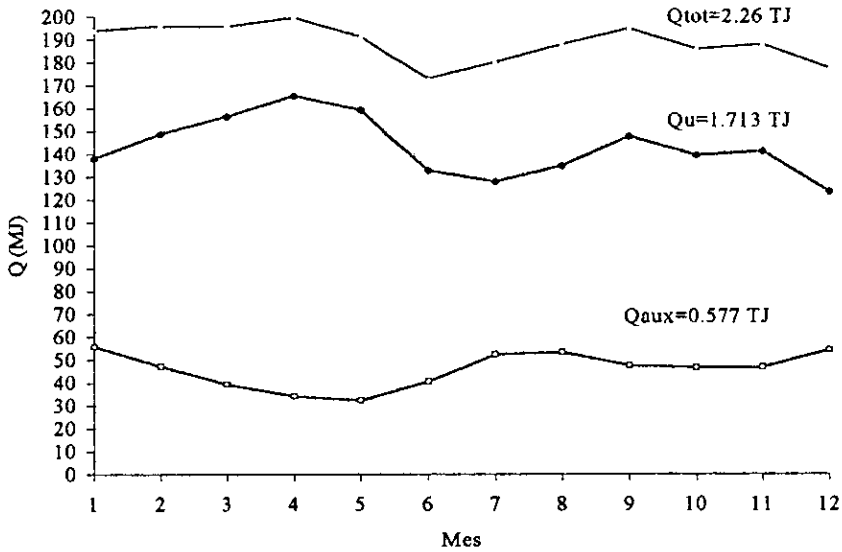


FUENTES: Cálculos propios

En la gráfica 4.9 observamos que para cubrir la misma fracción de energía requerida para calentar el agua del conjunto en el caso 2 requerimos de 550 m<sup>2</sup> de CSP. Es importante mencionar que el hecho de bajar solamente 10<sup>0</sup>C la temperatura final del agua de uso sanitario, se obtiene una disminución de un 36% del área de colectores por instalar.

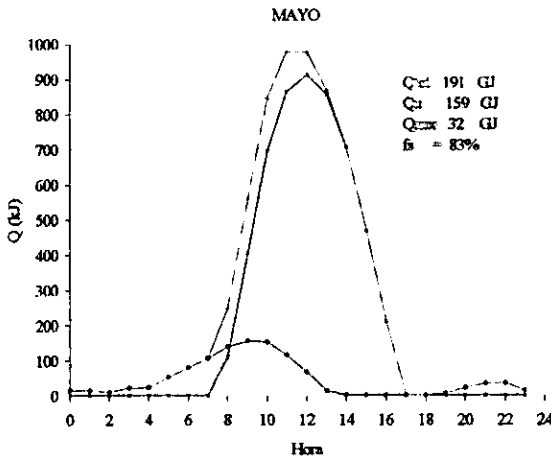
Con el solo hecho de calibrar la válvula termostática para generar el agua caliente 10<sup>0</sup>C menos que como se hace actualmente se disminuye la cantidad de energía consumida de 3.113 TJ a 2.26 TJ, lo cual representa un ahorro de energía del 27% (0.853 TJ) equivalente a 23,668 litros de diesel en el año por este concepto.

Gráfica 4.10 Distribución anual del calor aportado con 550 m<sup>2</sup> de colectores, el calor auxiliar y total (caso 2).



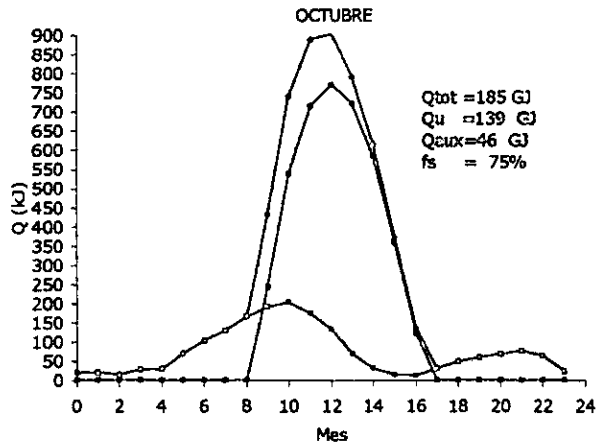
FUENTES: Cálculos propios

Gráfica 4.11 Distribución de la energía aportada con 550 m<sup>2</sup> de colectores en el mes de mayo (caso 2).



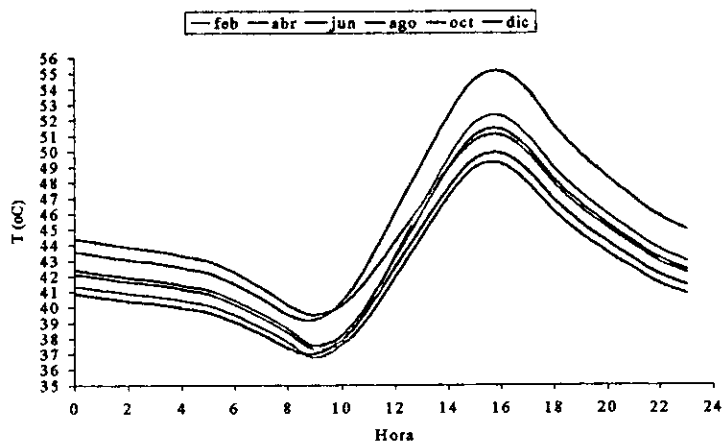
FUENTES: Cálculos propios

Gráfica 4.12 Distribución de la energía aportada con 550 m<sup>2</sup> de colectores en el mes de octubre (caso 2).



FUENTES: Cálculos propios

Gráfica 4.13 Distribución mensual horaria de la temperatura de salida del grupo colector (caso 2).



FUENTES: Cálculos propios

#### 3.4.4 Evaluación económica<sup>9</sup>.

Una vez obtenidos los resultados de la evaluación técnica procederemos a continuación a la evaluación económica. Evaluamos los resultados presentados en párrafos anteriores con los parámetros recomendados en la primera sección de este capítulo. Nótese que, en la presente evaluación, tomamos el incremento anual de los precios de diesel, según la proyección del escenario medio de evolución de precio externo de referencia de los combustibles presentado por CFE (1997, p.6.16) (véase tabla F.4 en anexos). Nuestro escenario de precios de diesel lo iniciamos con el precio real del diesel en diciembre de 1999 (véase tabla 2.1 § 2).

Para determinar la perspectiva del precio del diesel tomamos 3 escenarios. En el primer escenario, suponemos que el precio, permanece constante e igual al precio base de diciembre de 1999, denominamos escenario bajo. En el segundo escenario suponemos, que a partir de diciembre de 1999 hay un incremento de 50% en el periodo (este incremento que propone CFE (1997, p.6.15) para el escenario medio de precios de diesel) y lo denominamos escenario medio. En el tercer escenario partimos del precio real del diesel de diciembre de 1999 e incrementamos el porcentaje propuesto por CFE (1997, p.6.15), de su escenario de precios medio, a este escenario lo denominamos precio alto (véase tabla F.4 en anexos).

El periodo de recuperación del capital invertido para el caso 1 y para el caso 2 mencionados anteriormente, se encuentra que es de 6 años 8 meses y de 5 años 10 meses, respectivamente (véase tabla F.9 en anexos). Para el caso 1 se obtiene de hecho un ahorro promedio anual equivalente a \$33,849 para una inversión de \$225,933. Mientras que para el caso 2 el ahorro promedio anual equivalente es de \$24,957 con una inversión de \$144,138.

<sup>9</sup> Hacemos notar que la evaluación económica utilizamos dólares de 1999 (1 dólar = 9.46 pesos mexicanos)



Para evaluar el VPN, la TIR y el análisis B/C elegimos un periodo de 15 años que corresponden a la duración de vida estimada para un CSP..

Tomando en cuenta una tasa de descuento del 10%, el VPN, la TIR, el análisis costo – beneficio (B/C) (véase tablas F.10, F.11 y F.12 en anexos). de los dos casos y, de los tres escenarios, se presentan en la tabla 4.5

Las hipótesis principales con la que se hacen los cálculos son:

- a) Se cubre un 75% de la demanda de energía para calentar el agua del conjunto del IMSS con colectores solares. El resto se cubre por los medios convencionales.
- b) La demanda de agua caliente del conjunto del IMSS tiene una la distribución como la mostrada en la gráfica 4.3.
- c) 3 escenarios del precio de diesel: bajo, mediano y alto.
  - i) La eficiencia de la caldera es del 80%.
  - d) Que la vida útil de los colectores es por lo menos de 15 años.
  - e) Que el costo de instalación, mano de obra y equipo adicional tiene un monto del 150% del costo de los colectores [F. Manzini, 1999].
  - f) La evaluación técnica se hace con los datos del día más representativo de cada mes.
  - g) Además de las hipótesis generales presentadas en la sección 2 del presente capítulo y las descritas en el desarrollo de esta sección.

Tabla 4.5 Resultados de la evaluación económica del uso de colectores solares planos en el conjunto del IMSS.

Concepto	Caso 1			Caso 2		
Número de colectores	453			289		
Costo total (Dólares diciembre de 1999)	\$ 225,933			\$ 144,138		
Temperatura del agua sanitaria de uso final	60 °C			50 °C		
Vida útil del colector (años)	15			15		
Ahorro económico anual	\$33,849			\$24,957		
PR (años)	6.67			5.78		
Escenarios del precio diesel	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
VPN (tasa 10%)	\$69,811	\$49,797	\$31,732	\$73,740	\$58,995	\$45,687
TIR	12.3958%	13.5844%	14.7861%	15.2568%	16.4627%	17.6833%
VPNB	\$295,744	\$275,730	\$257,666	\$217,879	\$203,134	\$189,826
VPNC	\$240,721	\$239,720	\$238,817	\$155,033	\$154,295	\$153,630
B/C	1.2286	1.1502	1.0789	1.4054	1.3165	1.2356
<b>FUENTE: Cálculos propios</b>						

Como se puede observar en la tabla 4.5 el caso dos resulta, para todos los parámetros de evaluación usados, el más atractivo, desde el punto de vista económico. Sin embargo los valores de los parámetros económicos de los dos casos resultan aceptables. Cabe señalar que hay una diferencia considerable como resultado de utilizar los diferentes escenarios del precio del diesel para ambos casos. Por ejemplo El análisis beneficio – costo del caso 1 se

incrementa en 7 puntos porcentuales del escenario bajo al medio y en 7.5 puntos porcentuales del escenario medio al alto. La TIR es superior a la tasa de descuento propuesta. En los dos casos resulta atractiva, no solo para instituciones de giro social, sino también para instituciones privadas. Lo anterior resulta más evidente para el segundo caso que la TIR de los escenarios del precio medio alto es mayor al 15%, y la TIR del escenario de precio del diesel bajo esta muy cercano a ese valor (15.25%).

#### 4. EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DE LA INTEGRACIÓN DE LÁMPARAS EFICIENTES EN EL CONJUNTO DEL IMSS.

Esta sección se divide en dos subsecciones. En la primera subsección, se explica la herramienta de cálculo utilizada. En la segunda subsección aplicamos dicha herramienta para evaluar en el hospital la sustitución de las viejas lámparas por lámparas más eficientes.

Para hacer una evaluación técnico económica de la sustitución de lámparas viejas por lámparas más eficientes se propone la siguiente metodología: Iniciar el censo de lámparas por áreas del hospital. Dicho censo comprende: los niveles de iluminación, los usos, los horarios de trabajo y la disponibilidad de luz natural. Posteriormente, se evalúan los datos obtenidos tomando en cuenta: si el tipo de lámpara se puede sustituir por otro más eficiente y se especifica la lámpara sustituta, si el sistema de iluminación está debidamente seccionado para apagar la iluminación en las áreas fuera de uso o que cuenten con suficiente iluminación en las horas de sol, si es un espacio que no se usa durante algún periodo de tiempo para determinar la forma de programar su apagado, o si es necesario concientizar al usuario para que utilice la iluminación artificial cuando realmente la requiera. Con todo lo anterior, utilizando una herramienta de cómputo<sup>10</sup>, se puede evaluar el ahorro de energía por obtener con dichos cambios. Finalmente, se hace la evaluación económica de los ahorros por lograr.

##### 4.1 HERRAMIENTA DE CÁLCULO.

La herramienta utilizada consta de 7 hojas de cálculo de Microsoft Excel.

La primera hoja, denominada "Existing" es en donde se hace el vaciado de los datos. Los datos de entrada son: la ubicación, tipo de gabinete por código, la cantidad de gabinetes, la iluminación promedio en el local y el tiempo de uso de la lámpara. En nuestro caso en el mes de enero del 2000 se obtuvieron estos datos de entrada. Los datos de salida son: Tiempo de uso anual de la lámpara, demanda de potencia promedio anual y la energía anual (véase tabla G.1 en anexos).

La segunda hoja, denominada "Proposed" se registran los cambios de lámparas. El único dato que hay que ingresar es el código de los gabinetes en donde se propone hacer el

---

<sup>10</sup> Para hacer la evaluación técnico económica del sistema de iluminación del hospital, nos auxiliamos con una herramienta de computo que ha sido usada por el Área de Ingeniería en Recursos Energéticos de la Universidad Autónoma Metropolitana (véase anexo G).

cambio de lámparas. Los datos que se obtienen son: el porcentaje de iluminación que se logra con el cambio, los ahorros de demanda de potencia eléctrica y la energía eléctrica ahorrada (*véase tabla G.2 en anexos*).

La tercera hoja, llamada “Implementation” esta diseñada para hacer cálculos económicos. En esta hoja se actualizan los precios de la potencia y de la energía eléctrica. Finalmente, se obtienen los montos de los ahorros económicos por la disminución de la demanda de potencia eléctrica, los ahorros económicos por el ahorro de energía eléctrica, los ahorros económicos totales, los costos de inversión por los cambios propuestos, los costos por mano de obra, los costos totales y el periodo de recuperación de la inversión (*véase tabla G.3 en anexos*).

La cuarta hoja, titulada “Tasa Interna de Retorno” contiene los datos de los costos de las lámparas y calcula para cada cambio de lámpara la TIR y el PR (*véase tabla G.4 en anexos*).

En la quinta hoja, la denominada “Incremental” se va presentando los costos y beneficios a lo largo de la vida útil de las lámparas. Esta hoja se diferencia de la tercera hoja, en que se hacen los cálculos según los cambios utilizando el factor de remplazo<sup>11</sup>, lo cual hace necesario conocer el tiempo estimado de vida de la lámpara. Además, se calcula por año el ahorro de energía, los ahorros económicos y los costos por su implementación (*véase tabla G.5 en anexos*).

La sexta hoja, llamada “LookUp”, es una base de datos con las especificaciones técnicas y económicas de cada uno de los gabinetes. Entre las especificaciones técnicas se consideran: la cantidad y tipo de lámpara por gabinete, la potencia de la lámpara, vida promedio y el código del gabinete que puede remplazar al existente. Se presenta también, el precio de la lámpara y el balastro que componen el gabinete (*véase tabla A.17 en anexos*).

Agregamos a la herramienta la *tabla G.6*, en la cual se hacen los cálculos de los parámetros económicos VPN y el análisis costo – beneficio.

## 4.2 RESULTADOS POR LA APLICACIÓN DE LA MEDIDA.

En la semana del 18 al 22 de enero del 2000 se realizó el censo de lámparas, gabinetes y niveles de iluminación de cada una de las áreas del hospital. Una vez obtenidos los datos se registraron en la herramienta de cálculo. Por motivos de espacio, en el anexo G, se presenta la primera página de cada una de las hojas de la herramienta en donde se encuentran registrados todos los datos obtenidos (959 renglones). Los resultados de la aplicación de esta herramienta en los datos del hospital (cabe señalar que estos datos son exclusivos del área del hospital) se presentan en la *tabla 4.6*.

---

<sup>11</sup> El factor de reemplazo se obtiene de la siguiente manera: se divide el tiempo en horas de trabajo de la lámpara durante un año entre la vida media de la lámpara expresada en horas. Si el valor anterior es mayor a la unidad, el valor que toma el factor es la unidad, lo cual significa que la lámpara o el total de esas lámparas se cambiarán en un año.

La principales hipótesis con las que se realizaron estos cálculos son:

- a) Se considera que la vida útil de las lámparas y balastos es de 5 años.
- b) Los cambios propuestos de lámparas no alteran los niveles de iluminación adecuados.
- c) El tiempo de trabajo estimado de cada lámpara, se aproxima al tiempo real.
- d) Los cálculos económicos se hacen con el precio promedio del kWh en dólares de diciembre de 1999 (Obtenemos estos precios del costo total económico de la factura eléctrica dividido entre la suma en unidades del consumo eléctrico facturado en el años de 1999).
- e) El cálculo económico se basa en la diferencia entre el precio de la lámpara y balastro existentes y el precio de la lámpara y balastro propuestos.
- f) Los cambios no incluyen la iluminación especial del hospital. Únicamente se proponen modificaciones a la iluminación general.
- g) Se usa una tasa de descuento de 10%, no se considera costos por mano de obra y el IMSS aporta los recursos para la inversión.

En el hospital se tiene 2211 gabinetes instalados, las cantidades por código actuales, así como los resultados después del cambio, se encuentran detallados en la *tabla G.7 (de los anexos)*. Podemos observar en la tabla mencionada, que los principales cambios son:

Medidas de cambio en la capacidad y en el consumo eléctrico.

- a) Las lámparas incandescentes existentes por lámparas fluorescentes compactas.
- b) En los gabinetes de 1.22m. con dos lámparas fluorescentes T12 de capacidad mayor a 32W, se cambian por lámparas fluorescentes de 32W T8<sup>12</sup>. Además, el balastro magnético se cambia por otro electrónico.
- c) En los gabinetes con una lámpara fluorescente de 1.22m con capacidades mayores a 32W, se cambia la lámpara por una de 32W T8. Además, su balastro magnético se cambia por un balastro electrónico.

Medidas en el cambio de capacidad eléctrica.

- d) En los gabinetes de 2.44m. las lámparas fluorescentes existentes de 75W, se cambian por lámparas de 60W. El balastro magnético se cambia por un balastro electrónico. En este cambio solo se evalúa el cambio de capacidad del gabinete, aunque, en la literatura aparecen lámparas de 60W T8, sin embargo, en el mercado regional no están disponibles.

Respecto al primer cambio propuesto podemos mencionar que, aunque el precio de la lámpara existente (41 centavos de dólar) es muy inferior al precio de la lámpara propuesta (10 dólares), "las lámparas fluorescentes compactas producen 4 veces luz (luxes) por watt

---

<sup>12</sup> El numero significa la cantidad de octavos de pulgada que tiene el diámetro de la lámpara y la T que es un tubo. Por ejemplo la lámpara T8, es un tubo que tiene un diámetro de 8 octavos de pulgada, esto es igual a una pulgada.

de energía consumida que las lámparas incandescentes. Además duran 8 o 10 veces más” ASE (1999, p.2) (véase *tabla G.7 en anexos*).

De los cambios entre las lámparas fluorescentes de tubo, aunque no podemos negar que las lámparas T8 y los balastos electrónicos son más caros (el costo de los elementos del gabinete propuesto son de 30.5 dólares contra 13.25 dólares de los actuales). Sin embargo, la capacidad en watts de las lámparas y el consumo de energía de los nuevos gabinetes son menores, en efecto la capacidad de los gabinetes actuales es mayor a los 75 watts y la potencia de los nuevos gabinetes es alrededor de 64 watts, lo cual nos da una diferencia igual o mayor a 11 watts por hora. Además, las lámparas propuestas tienen una resolución cromática mayor (véase *detalles en tabla G.7 de los anexos*). “En tubos fluorescentes, la introducción del tubo de 26 mm de diámetro para reemplazar los tubos de 38 mm de diámetro con mejoras en la eficiencia. Lámparas similares alcanzan aproximadamente la misma cantidad de luz, pero éstas consumen 8% menos energía. Recientemente, se están introduciendo tubos fluorescentes de 16 mm de diámetro y se espera que reemplacen a los tubos de 26 mm en las instalaciones nuevas” [CADET-01, 1995, p.14].

Además, el cambio de balastos favorece el ahorro de energía, puesto que “los balastos electromagnéticos estándar consumen entre 10% – 20% del total de la energía de entrada. A pesar de su bajo costo inicial, los balastos electromagnéticos son rápidamente cambiados por instalaciones con balastos electrónicos los cuales ofrecen ahorros substanciales en los costos y características superiores de operación” [CADET-01, 1995, p.15].

En el caso 1 consideramos que en un momento dado se realiza el cambio de todos los gabinetes con lámparas estándar y balastos electromagnéticos existentes por otros gabinetes con lámparas más eficientes y balastos electrónicos. La evaluación económica se realiza tomando en cuenta el costo total de los nuevos gabinetes. Mientras que en el caso 2 suponemos que los gabinetes se cambian, de acuerdo al término de la vida útil de los elementos de los gabinetes. Como normalmente se tiene un presupuesto para esta reposición, la evaluación económica se realiza para el capital adicional que se invertirá para instalar gabinetes con lámparas y balastos más eficientes.

De los datos de la *tabla 4.6* deducimos que con esta medida se tienen ahorros potenciales en el consumo de energía y demanda de potencia eléctrica anual de 16%.

Los resultados del caso 1, en donde la evaluación se hace para el costo total de los nuevos gabinetes, el periodo de retorno de la inversión es de 4.2 años y la tasa interna de retorno de 6.27% y un análisis beneficio – costo de 0.87. Estos resultados no parecen muy atractivos, sin embargo el periodo de recuperación está dentro de lo aceptable.

Podemos observar en la *tabla 4.6* que los resultados del caso 2 son favorables y atractivos. Un proyecto con periodo de recuperación de 0.78 años (10 meses) es indiscutiblemente rentable. La TIR de 125% es sumamente atractiva para una institución con carácter social como es el IMSS. La evaluación económica nos lleva a determinar que las acciones a realizar serán las propuestas en el caso 2. A saber, el cambio de gabinetes al final de la vida útil de sus principales elementos.

*Tabla 4.6 Resultados de la evaluación técnico económica del cambio de lámparas en el hospital.*

CONCEPTO		CASO 1	CASO 2
Demanda de potencia anual	(kW/año)	1,647.5	
Energía consumida actualmente	(kWh/año)	932,256	
<b>Logros esperados con el cambio de lámparas.</b>			
Ahorro en la demanda de potencia	(kW/año)	269	
Energía ahorrada	(kWh/año)	148,729	
Ahorros por demanda	(dólar de dic. 1999)	\$1,930	
Ahorros por energía	(dólar de dic. 1999)	\$8,329	
Ahorros totales	(dólar de dic. 1999)	\$10,259	
Costos de inversión	(dólar de dic. 1999)	\$42,895	\$8,036
Periodo de recuperación	(años)	4.2	0.78
TIR	(%)	6.27	125
VPN (con una tasa de descuento del 10%)	(dólar de dic. 1999)	-\$4,005	\$25,215
Valor presente neto de los beneficios	(dólar de dic. 1999)	\$38,890	\$33,268
Valor presente neto de los costos	(dólar de dic. 1999)	\$44,839	\$7,711
B/C (con una tasa de descuento del 10%)		0.87	4.314
FUENTE: Cálculos propios			

## 5. EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL CAMBIO DE MOTORES ELÉCTRICOS.

Esta sección se divide en dos subsecciones. En la primera subsección, explicamos la herramienta de cálculo utilizada. En la segunda subsección, aplicamos la herramienta de cálculo a los datos obtenidos en el hospital.

Las principales estrategias generales para reducir el consumo de energía por el uso de motores eléctricos son:

- Reducción en el consumo de electricidad disminuyendo la carga eléctrica.
- Reducción del tiempo de operación de los equipos.
- Aplicación de nuevas tecnologías como son el cambio de motores estándar por motores de alta eficiencia [CADDET-02, 1995, p.-6].

En esta sección únicamente evaluaremos la tercera estrategia. Para hacer una evaluación técnico económica del cambio de motores eléctricos actuales por motores de alta eficiencia de un sistema eléctrico se propone la siguiente metodología: Iniciar con un censo de motores eléctricos por área. Dicho censo comprende: los datos de placa, los principales parámetros eléctricos (V, I, P, fp), los usos, los horarios de trabajo y el estado en que se encuentran los motores eléctricos. Posteriormente se evalúan los datos obtenidos tomando en cuenta: el estado del motor, el régimen de funcionamiento y la posibilidad de sustitución por otro más eficiente. Con todo lo anterior, utilizando una herramienta de cómputo, donde

se puede evaluar los ahorro de energía por obtener con los cambios propuestos. Finalmente, se hace la evaluación económica de los ahorros económicos por obtener.

Para hacer la evaluación técnico económica nos auxiliamos con la herramienta de cálculo, la cual ha sido usada por el Area de Ingeniería en Recursos Energéticos de la Universidad Autónoma Metropolitana (*véase anexo H*).

### 5.1 HERRAMIENTA DE CÁLCULO.

La herramienta utilizada en consta de 7 hojas de cálculo de Microsoft Excel.

En la primera hoja se registran los datos de placa, los datos y horarios de trabajo de cada motor. En ella se calcula los factores de utilización diario, mensual y anual. En el mes de enero del 2000 se obtuvieron los datos de entrada y se vaciaron en la herramienta mencionada. Obteniendo con ella la demanda de potencia promedio anual y la energía total anual. A esta hoja se le denomina "*Current*" (*véase tabla H.1 en anexos*).

En la segunda hoja, se actualizan los precios de la demanda de potencia máxima y de la energía. En ella se obtienen los ahorros de energía y demanda, los ahorros económicos respectivos y los ahorros económicos totales. El encabezado de esta hoja es "*Proposed*" (*véase tabla H.2 en anexos*).

En la hoja siguiente, denominada "*Pay back*", se registran los precios de los motores estándar y de alta eficiencia. Con lo anterior calcula el periodo de recuperación del capital invertido asociado con la compra de los motores de alta eficiencia. Calcula además, el periodo de recuperación de capital invertido adicional por la diferencia de precio entre los motores estándar y de alta eficiencia (*véase tabla H.3 en anexos*).

En la cuarta hoja, titulada "*Incremental saving*", se ingresa el dato de la vida promedio de los motores, se calcula la fracción de remplazo<sup>13</sup> se obtiene para cada año: los ahorros económicos por disminución de demanda de potencia , por ahorro de energía y los totales (*véase tabla H.4 en anexos*).

La siguiente hoja calcula la TIR, y así se denomina. Se adaptó esta hoja para que calcule además el VPN (*véase tabla H.5 en anexos*).

Las dos últimas hojas contienen una base de datos de motores eléctricos. en ellas se registra principalmente la eficiencia de los diferentes motores para diferentes regímenes de trabajo. Se denominan "*Lookup*" y "*MMaster*" respectivamente (*véase tablas H.6 y H.7 en anexos*).

---

<sup>13</sup> La fracción de remplazo se obtiene dividiendo el número de años en que el motor ha estado trabajando continuamente entre el número de años de vida útil del motor y se expresa en porcentaje. Por ejemplo para un motor que lleva trabajando 2 años y tiene una vida útil de 10 años, la fracción de remplazo será =  $2/10 = 20\%$

## 5.2 RESULTADOS POR LA APLICACIÓN DE LA MEDIDA.

Los motores de alta eficiencia son motores con menos pérdidas que los motores normales o estándar y son perfectamente intercambiables con uno de estos, tanto desde el punto de vista mecánico como eléctrico.

“El motor de alta eficiencia responde a los mismos principios básicos que uno normal, pero presenta las mejoras que se indican a continuación:

- a) Utilización de acero con mejores propiedades magnéticas.
- b) Reducción de espesor de la laminación.
- c) Reducción del entre hierro.
- d) Incremento en el calibre de los conductores.
- e) Utilización de ventiladores y sistemas de enfriamiento más eficientes.
- f) Utilización de mejores materiales aislantes.
- g) Rodamientos de alta calidad y lubricantes de mejor viscosidad.

Los motores de alta eficiencia tienen un incremento aproximado de 4.0% de eficiencia para los motores menores a 50 HP, y de un 2 al 3% aproximadamente para los motores mayores de 50 HP, esta ganancia en la eficiencia se debe a las mejoras en la fabricación” [R. Rosas, 1998, p. 61] (véase *tabla H.6 en anexos*).

Los resultados de la aplicación de esta herramienta en los datos del hospital (cabe mencionar que estos datos son exclusivos del área del hospital) se presentan en la *tabla 4.7*.

Las hipótesis principales para los cálculos son:

- a) La vida útil de los motores eléctricos es de 12 años.
- b) Todos los cambios se hacen al inicio del proyecto.
- c) En el caso 1 se cambian los principales motores del hospital.
- d) En el caso 2, como lo menciona la literatura “Como regla de dedo, el retorno económico con motores de alta eficiencia es favorable cuando los motores eléctricos se usan por encima del 50% del tiempo” [CADDET-02, 1995, P.4], hacemos la evaluación económica del cambio de los principales motores que superan el tiempo de trabajo recomendado por el autor.
- e) Cada caso se divide en dos. Primero, para cuando se cambian todos los motores estándar existente en un solo momento, y por lo tanto se evalúa el costo total de los motores cambiados. Segundo, para cuando el cambio se hace respetando la vida útil de los motores, evaluando la inversión económica de la diferencia de precio de los motores eléctricos de alta eficiencia y los motores eléctricos estándar.
- f) Se usa una tasa de descuento de 10%, no se considera costos por mano de obra y el IMSS aporta los recursos para la inversión.

Con los resultados registrados en la *tabla 4.7* podemos concluir que el cambio de motores resulta económicamente rentable si se evalúa con la diferencia de costos entre el motor estándar y el motor de alta eficiencia esto se traduciría en la siguiente acción: cambiar los



motores estándar cuando su vida útil ha llegado a su fin. Mientras que la rentabilidad del costo total de los motores de alta eficiencia no es favorable lo que quiere decir que esta acción se desecha. Para el caso 2, los valores de los parámetros mejoran sin embargo considerablemente. En el caso 2, aunque el análisis B/C no llega a la unidad, la TIR es igual a la tasa de descuento y el VPN es positivo (véase tabla 4.7). Esto implica que las siguientes acciones puedan ser benéficas, cambiar en un solo momento los motores estándar que se usan más de la mitad del tiempo de trabajo.

Tabla 4.7 Resultados de la evaluación técnico económica del cambio de motores eléctricos en el hospital.

CONCEPTO	CASO <sup>14</sup> 1	CASO <sup>15</sup> 2		
Demanda de potencia anual (kW/año)	355	307.9		
Energía consumida actualmente (kWh/año)	244,179	211,180		
<b>Logros con el cambio de motores</b>				
Ahorro en la demanda de potencia (kW/año)	21.8	20.3		
Energía ahorrada (kWh/año)	19,141	17296		
Ahorros por demanda (dólares de dic. 1999)	\$156.7	\$145.5		
Ahorros por energía (dólares de dic. 1999)	\$1,071.9	\$968.6		
Ahorros totales (dólares de dic. 1999)	\$1,228.6	\$1,114		
	Total <sup>16</sup>	Diferencia <sup>17</sup>	Total	Diferencia
Inversión por los cambios (dólares de dic. 1999)	\$15,703	\$1,832	\$7,457	\$1,026
Periodo de recuperación (años)	12.8	1.5	6.7	0.9
TIR (%)	-1%	67%	10%	109%
VPN (dólares de dic. 1999)	-\$7,239	\$6,542	\$140	\$6,571
VPNB (dólares de dic. 1999)	\$8,374	\$8,374	\$7,597	\$7,597
VPNC (dólares de dic. 1999)	\$15,703	\$1,832	\$7,786	\$1,355
B/C	0.53	4.57	0.98	5.6

FUENTE: Cálculos propios

Al evaluar la medida de cambio de motores estándar por motores de alta eficiencia del caso 2 el parámetro de la TIR, nos encontramos con una situación en la que la TIR, es igual a la tasa de descuento. En la primera sección de este capítulo mencionamos que cuando esto sucede, no hay beneficios económicos para el inversionista, sin embargo puede haber otros criterios, como el de tipo social, que lo impulsen a realizarlo.

<sup>14</sup> Evaluación con los principales motores.

<sup>15</sup> Evaluación con los principales motores que trabajan medio año o más.

<sup>16</sup> Son los datos que se obtienen con el costo total de los motores de alta eficiencia.

<sup>17</sup> Son datos obtenidos por la diferencia entre el costo de los motores estándar y los costos de los motores de alta eficiencia

Finalmente en la *tabla 4.8* presentamos un concentrado de las alternativas evaluadas en el capítulo. En las *gráficas 4.14 a 4.17* presentamos los 4 parámetros económicos de las alternativas evaluadas.

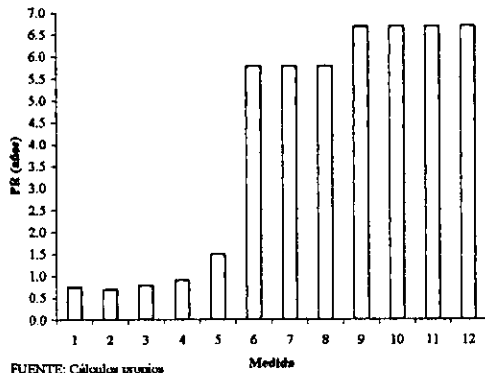
*Tabla 4.8 Concentrado de las alternativas evaluadas*

Nº	Alternativa	Costo total	Ahorro total	PR año	VPN (USD <sup>18</sup> )	TIR (%)	B/C
1	Instalación de intercambiadores de calor para recuperar la energía del condensado de vapor	\$25,144	\$33,604	0.75	\$181,340	133.59%	5.82
2	Instalación de intercambiadores de calor para recuperar la energía de las aguas jabonosas de lavandería.	\$5,361	\$7,540	0.70	\$76,748	140.51%	8.34
3	Cambio de las lámparas existentes por lámparas de alta eficiencia.	\$8,036	\$10,259	0.78	\$25,215	125.00%	4.31
4	Cambio de los motores que trabajan mas de la mitad del año (diferencia de precio entre motores estándar y de alta eficiencia).	\$1,027	\$1,114	0.9	\$6,571	109.00%	5.60
5	Cambio de los motores existentes por motores de alta eficiencia (diferencia de precio entre motores de estándar y de alta eficiencia)	\$1,832	\$1,229	1.5	\$6,542	67.00%	4.57
6	Instalación de colectores solares planos para cubrir el 75% de la demanda de energía para calentamiento de agua sanitaria a 50°C (escenario de precios bajo).	\$144,139	\$24,937	5.78	\$31,732	12.40%	1.08
7	Instalación de colectores solares planos para cubrir el 75% de la demanda de energía para calentamiento de agua sanitaria a 50°C (escenario de precios medio).	\$144,139	\$24,937	5.78	\$49,797	13.58%	1.15
8	Instalación de colectores solares planos para cubrir el 75% de la demanda de energía para calentamiento de agua sanitaria a 50°C (escenario de precios alto).	\$144,139	\$24,937	5.78	\$69,811	14.79%	1.23
9	Instalación de colectores solares planos para cubrir el 75% de la demanda de energía para calentamiento de agua sanitaria a 60°C. (escenario de precios bajo)	\$225,934	\$33,849	6.67	\$45,687	15.26%	1.24
10	Instalación de colectores solares planos para cubrir el 75% de la demanda de energía para calentamiento de agua sanitaria a 60°C (escenario de precios medio).	\$225,934	\$33,849	6.67	\$58,995	16.46%	1.32
11	Instalación de colectores solares planos para cubrir el 75% de la demanda de energía para calentamiento de agua sanitaria a 60°C (escenario de precios alto).	\$225,934	\$33,849	6.67	\$73,740	17.68%	1.41
12	Cambio de los motores que trabajan mas de la mitad del año.	\$7,457	\$1,114	6.7	\$140	10.00%	0.98

**FUENTE: Cálculos propios**

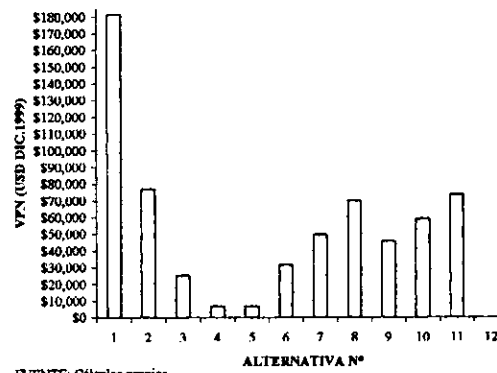
<sup>18</sup> Dólares de diciembre de 1999

Gráfica 4.14 Periodo de recuperación del capital de las alternativas evaluadas.



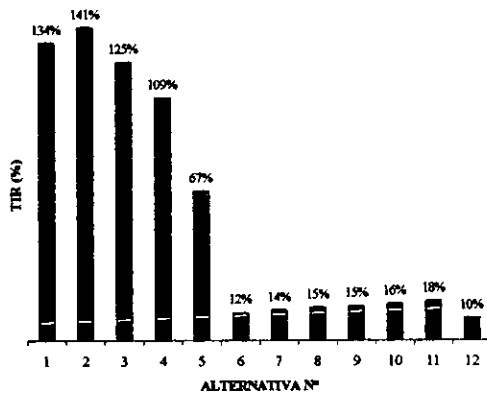
FUENTE: Cálculos propios

Gráfica 4.15 Valor presente neto de las alternativas evaluadas.



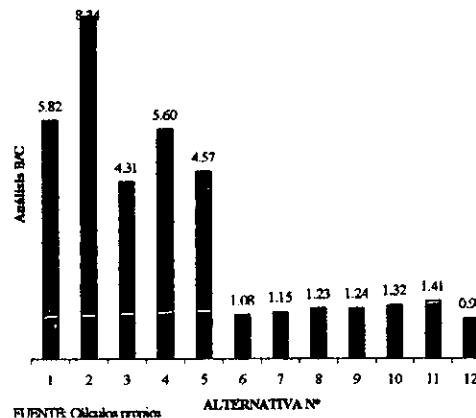
FUENTE: Cálculos propios

Gráfica 4.16 Tasa interna de retorno de las alternativas evaluadas.



FUENTE: Cálculos propios

Gráfica 4.17 Costo Beneficio de las alternativas evaluadas.



FUENTE: Cálculos propios

En la *gráfica 4.14* podemos observar que el periodo de recuperación de las cuatro primeras alternativas resultaron inferiores a un año, indiscutiblemente aceptables según este criterio. De igual forma aceptable, la alternativa N° 5 la cual tiene un periodo de recuperación de 1.5 años. Las alternativas N° 6 a la N° 12 con un periodo de recuperación entre 4 y 7 años, que se tendrían que valorar más exhaustivamente en cada caso.

El VPN resulta positivo para todas las alternativas, según se muestra en la *gráfica 4.15*. Cabe mencionar que el VPN de la alternativa N°12 es \$140, que por el tamaño de la escala de la gráfica no se logra apreciar.

Como se observa en la *gráfica 4.16*, la TIR de las primeras cinco alternativas es muy alta, en consecuencia se recomienda aceptarlas. La TIR de las alternativas N° 6 a la N° 11 es

## CAPÍTULO 5

### INDICADORES ENERGÉTICOS PARA HOSPITALES.

Como podemos recordar en los capítulos 2 y 3 del presente trabajo se obtuvieron importantes resultados en torno a los potenciales técnicos de uso eficiente y ahorro de energía en el conjunto del IMSS. En el capítulo 4 se realizó la evaluación técnico económica de algunos de los resultados antes mencionados. Sin embargo hace falta determinar ciertos parámetros para medir y controlar los avances que se obtienen en el área de ahorro y uso eficiente de la energía. Además que nos sirvan como referencia, para medir estos avances y logros con el paso del tiempo y respecto a otros hospitales similares.

En el presente capítulo nos proponemos definir y elaborar indicadores energéticos aplicables a nuestro estudio de caso, para después compararlos con los indicadores energéticos propuestos por el IMSS y con los índices energéticos de hospitales publicados a nivel internacional.

El capítulo consta de 6 secciones. En la primera sección, analizamos los elementos para definir indicadores energéticos para hospitales. En la segunda sección, presentamos los indicadores energéticos para hospitales del IMSS. En la tercera sección, se determina los indicadores energéticos que se aplicarán para el conjunto del IMSS. En la cuarta sección, evaluamos los indicadores energéticos obtenidos en la sección anterior. En la quinta sección, se comparamos los indicadores energéticos obtenidos para el IMSS y los encontrados para hospitales en las publicaciones internacionales. Por último, en la sexta sección obtenemos potenciales de ahorro energético por el análisis de indicadores energéticos.

#### 1. INDICADORES DE CONSUMO ENERGÉTICO PARA HOSPITALES.

En esta sección presentamos los elementos para definir y clasificar indicadores energéticos para hospitales.

Los indicadores energéticos para hospitales: *son parámetros con los cuales podemos comparar el desempeño energético de un hospital con la de otros hospitales similares, o con ellos comparar el desempeño energético del hospital en diferentes tiempos.*

En el ámbito internacional hay datos de indicadores energéticos para hospitales de países como Estados Unidos de Norteamérica, Grecia, España, Reino Unido, Francia y países de la Comunidad Europea. Como veremos más adelante, los indicadores energéticos para hospitales registrados son muy diferentes, inferimos que esto es porque están tratando diferentes tipos de hospitales. Generalmente los autores no especifican el tipo de hospital al que se están refiriendo. Sin embargo estos indicadores energéticos para hospitales se utilizarán como referencia.

Ahora bien, para elaborar indicadores energéticos para hospitales necesitamos determinar cuales son los factores posibles que pueden incidir en forma directa sobre el consumo energético de un hospital. [E. Mulet, 1997, p.550].

Hay varios aspectos que podemos tomar como base para la elaboración de indicadores energéticos para los hospitales, en este trabajo utilizamos tres, los cuales son: el tamaño, la capacidad y la producción.

En hospitales si hablamos de tamaño el elemento que nosotros consideramos se medirá respecto al área ( $m^2$ ), y entonces podemos definir el *indicador de consumo energético por área* ( $kWh/m^2$ ). Hacemos notar que elegimos como tamaño el área de los hospitales y las unidades de energía en kWh de este indicador para referirlo con los indicadores energéticos para hospitales de los diferentes autores que así los registran. “La variable tamaño está directamente relacionada, ya que función del mismo será la tipología de las instalaciones y el uso de las mismas” [A. Sánchez, 1999, p.7]. A. Thumann (1983,p.295) lo denomina “índice de uso de energía”

Si nos referimos a la capacidad de los hospitales el denominador ahora será “camas censables<sup>1</sup>” o simplemente “camas”. En el sector salud y en las referencias internacionales generalmente se refiere al número de camas para definir el tamaño de un hospital. “Una forma de medir las dimensiones de un establecimiento hospitalario es el número de camas o plazas, considerándose como tal aquellas que constituyen la dotación fija del establecimiento (las camas censables) y que están en disposición de ser usadas” [R. Getino, 1999, p.3]. A este indicador lo podemos denominar “*indicador de consumo energético por capacidad*” kWh/cama. Sin embargo, A. Sánchez (1999) utiliza el termino de camas para clasificar los hospitales por el tamaño.

Por otra parte el elemento por controlar se medirá respecto al producto. En hospitales como en otras instituciones es difícil determinar, entre sus múltiples servicios el producto más representativo. En nuestro caso proponemos algunos elementos que se pueden tomar como productos de hospitales: “Porcentaje de ocupación”<sup>2</sup>, “ingresos<sup>3</sup> hospitalarios”, “egresos<sup>4</sup> hospitalarios”, “número de cirugías”, “número de consultas a médicos especialistas”, “número de consultas en urgencias” y “número de estudios auxiliares de diagnóstico”. Dando como resultado el índice denominado “*indicador de consumo energético por producto*” en kWh/producto [R. Rosas, 1998, p.396].

<sup>1</sup> “Cama censable: es aquella que se encuentra instalada en un área de hospitalización, para el uso regular de pacientes internos; cuenta con los recursos necesarios de espacio, equipo y personal para la atención médica. Es controlada por el servicio de admisión de la unidad y se asigna al paciente en el momento de su ingreso hospitalario para ser sometido a observación, diagnóstico, cuidado o tratamiento. Incluye las de Medicina Interna, Cirugía, Gineco – obstetricia, Pediatría, etc.” [INEGI-16, 2000, p.343]

<sup>2</sup> El porcentaje de ocupación se refiere a la cantidad de camas censables ocupadas respecto a la capacidad, en camas, del hospital.

<sup>3</sup> El ingreso a un hospital implica la entrada de un paciente al cual se le asigna una cama censable, para ser sometido a observación, diagnóstico, cuidado o tratamiento.

<sup>4</sup> “Egreso: es la salida del establecimiento de un paciente internado. Un egreso implica siempre la conclusión del periodo de internamiento y la desocupación de una cama del hospital, sea por ‘alta’ o por ‘defunción’ [INEGI-16, 2000, p.344]

Otra forma de construir indicadores energéticos de hospitales y que en esta tesis también usaremos es por el tipo de energía utilizada. Por lo general los dos tipos de energía que más utiliza en el sector hospitalario son: energía térmica y la energía eléctrica.

Un indicador eléctrico, aunque es general se puede aplicar a hospitales, es la demanda específica que se define como el inverso del “factor de carga”<sup>5</sup>. Este es un indicador que al evaluarlo por medio de la dispersión estadística se considera bueno, como lo veremos más adelante.

Además, se puede subdividir cada uno de los indicadores energéticos anteriores, en forma más específica, según el uso final del tipo de energía utilizada. La literatura internacional registra diferentes indicadores energéticos para los usos finales entre los cuales se encuentran: climatización, calentamiento de agua, lavado de ropa, cocción, incineración esterilización, equipos médicos, iluminación, motores (fuerza), aire acondicionados y refrigeración.

Los diferentes tipos de indicadores energéticos para hospitales señalados anteriormente se aplicarán a nuestro estudio de caso. Los resultados se evaluarán con herramientas estadísticas y se comparan con los registrados a nivel internacional.

## 2. INDICADORES ENERGÉTICOS PARA HOSPITALES DEL IMSS

El IMSS elabora desde la década pasada diferentes indicadores para el control de los fluidos y energéticos consumidos en sus unidades, entre los cuales se destacan los indicadores de consumo energético por área en (Litros./m<sup>2</sup>) y el indicador de consumo de energía eléctrica por área en (kWh/m<sup>2</sup>).

El Departamento de Informática de la Subjefatura de Normatividad y Programación de la Jefatura de Servicios de Conservación de la Subdirección General de Obras y Patrimonio Inmobiliario del IMSS, cada año publica internamente sus índices energéticos, denominándolos “índice de Consumo de Fluidos y Energéticos del año”. Estos se concentran en el formato 53 /INDCLI(AÑO).WB1. Este documento presenta indicadores por combustible o energético y por unidad<sup>6</sup> del IMSS. En cada índice presenta un límite inferior (L I) y un límite superior (L S). Los clasifica además en forma general para todo el país y por regiones según el clima, Aguascalientes está clasificado en el clima cálido<sup>7</sup>.

Como lo menciona el título del documento del IMSS, los indicadores se manejan por regiones según el clima y en forma general. Los primeros, se clasifica el universo de unidades del sistema en los siguientes climas: cálido, semicálido y templado. Los segundos agrupan a todas las unidades del país. Por la gran cantidad y tipos de unidades del IMSS, estos indicadores están elaborados para 28 tipos en que están clasificadas el universo de las

<sup>5</sup> El factor de carga el porcentaje de la carga eléctrica que trabaja durante un tiempo determinado. Este valor aparece en registrado en la factura eléctrica.

<sup>6</sup> En el IMSS se le llama unidad a cada edificio con diferente función. Por ejemplo, una unidad es un hospital, una UMF, la unidad deportiva, una tienda para empleados.

<sup>7</sup> IMSS, 2000, p.70

unidades del IMSS. Para cada uno de estos tipos se toma como límites inferior y superior los consumos menor y mayor de las unidades del tipo. En consecuencia estos indicadores tienen rangos cuyos límites están distantes. Por ejemplo el indicador de 1998 para el tipo "central de servicios" en forma general es de 0 litros de diesel por m<sup>2</sup> construido (límite inferior determinado por una unidad de éste tipo que no consume diesel) a 1,108.7596 litros de diesel por m<sup>2</sup> construido (límite superior determinado por la unidad de éste tipo de mayor consumo de diesel).

De igual forma para el universo de unidades agrupadas en el tipo "central de servicios" de todo el país se subdividen por región climática según se encuentre en: una región de clima cálido, semicálido o templado. Siguiendo el mismo ejemplo, el indicador de una "central de servicio" de la región de clima cálido es 0 litros de diesel por m<sup>2</sup> construido (límite inferior determinado por una unidad de éste tipo que no consume diesel) a 615.1029 litros de diesel por m<sup>2</sup> construido (límite superior determinado por la unidad de éste tipo de mayor consumo de diesel). El indicador de una "central de servicio" de la región de clima semicálido es 1,125.7089 litros de diesel por m<sup>2</sup> construido (límite inferior y el límite superior determinados por el consumo de diesel de una sola unidad de éste tipo). En este tipo no hay unidades en la región de clima templado.

El Conjunto "A" que agrupa a las unidades integradas por: un HGZ, Oficinas administrativas, Centro de Seguridad Social (CSS), y un teatro.

Sin embargo en la guía para la auto evaluación de la Jefatura de conservación se hace una síntesis del documento anterior y se presentan los indicadores energéticos promedio por clima. Para nuestro estudio de caso tomamos los datos de los índices de consumo energético del H. General de Zona (1), [IMSS, 2000, p.66], y en la *tabla 5.1* se presentan los índices de 1999 a 2000, estos son los valores que utilizaremos como referencia.

*Tabla 5.1 Indicadores energéticos del Hospital General de Zona del IMSS para 1999-2000.*

Indicadores energéticos del Hospital General de Zona del IMSS para 1999-2000.							
Unidad	Diesel			Energía eléctrica		Total	
	Litros / m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	KW/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	KW/m	MJ/m <sup>2</sup>	KW/m
H. General de Zona	13.38*	482.3	133.96	764.2	212.28*	1246.5	346.24

\* Fuente: IMSS, 2000, p.66

### 3. INDICADORES ENERGÉTICOS DEL CONJUNTO DEL IMSS.

En esta sección se determinan los indicadores energéticos de consumo energético por área, por capacidad y por producto, estos por tipo de energía y por energía total del conjunto del IMSS. Aclaramos que sería mejor obtener los indicadores energéticos para el hospital, sin embargo, por no tener elementos para separar sus consumos energéticos exclusivos, se optó por dar valores de estos indicadores para el conjunto.

Esta sección se divide en dos. En la primera subsección presentamos los indicadores de consumo energético por tipo de energía y totales. En la segunda subsección registramos los mismos energéticos, sin embargo ahora por usos finales.

### 3.1 INDICADORES ENERGÉTICOS DEL CONJUNTO DEL IMSS POR TIPO DE ENERGÍA.

De la *tabla 2.1 §2* obtenemos los datos el consumo anual térmico, eléctrico y total para 1999 del conjunto del IMSS. El área total del conjunto es 23,529 m<sup>2</sup> (véase *tabla 1.1 en anexos*). La capacidad del hospital es de 189 camas. Para determinar el indicador de consumo energético por producto, de la *tabla 1.3 (de anexos)*, solamente tomamos 3 productos: egresos hospitalarios, cirugías y % de ocupación. Los cuales suman un total de: 15,652 egresos hospitalarios, 10,366 cirugías y 99.65% de ocupación, los dos primeros se dan en kWh/producto y el tercero en MWh/producto. En la *Tabla 5.2*, encontramos los resultados obtenidos para estos indicadores.

*Tabla 5.2 Concentrado del índice de consumo energético del conjunto del IMSS.*

Indicador	Diesel	Eléctrico	Total
Consumo anual (kWh) (1999)	6,487,660	2,047,040	8,534,700
Consumo energético por área (kWh/m <sup>2</sup> )	275.73	87.00	362.73
Consumo energético por cama (MWh/cama)	34.33	10.83	45.16
Consumo energético por egreso hospitalario (kWh/Egreso)	414.49	130.78	545.28
Consumo energético por cirugía (kWh/Cirugía)	625.86	197.48	823.34
Consumo energético por unidad de porcentaje de ocupación (MWh/%)	65.10	20.54	85.65

FUENTE: Cálculos propios

### 3.2 INDICADORES ENERGÉTICOS DEL CONJUNTO DEL IMSS POR USOS FINALES.

Con los usos finales y sus consumos estimados respectivos (véase *secciones 4 y 5 §2*), elaboramos los indicadores de consumo energético del conjunto del IMSS desglosados por uso final. En la *tabla 5.3* presentamos los resultados.

Como podemos observar en la *tabla 5.3* los mayores índices de consumo energía térmica por usos finales del conjunto del IMSS son: el calentamiento de agua de albercas y calentamiento de agua sanitaria.

Ahora bien, si omitimos el calentamiento de agua de albercas, en consecuencia, el indicador de consumo de energía térmica mayor del conjunto del IMSS, será el indicador de consumo de energía para calentar agua sanitaria. Luego entonces, se justifica la evaluación del uso de colectores solares planos como uso alternativo de energía para calentar el agua sanitaria del conjunto del IMSS, hecha en el capítulo anterior.



Tabla 5.3 Indicadores de consumo energético del conjunto del IMSS por uso final.

Tipo	Uso final	Consumo anual (kWh/año)	(%)	Indicador de consumo energético por:				
				Área (kWh/m <sup>2</sup> )	Capacidad (MWh/Cama)	Producto (kWh/Egreso)	Producto (KWh/Cirugía)	Producto (MWh/%)
Térmico	Esterilización	84,356	0.99%	3.59	0.45	5.39	8.14	0.85
	Calentamiento de agua sanitaria	1,031,733	12.09%	43.85	5.46	65.92	99.53	10.35
	Cocción	648,889	7.60%	27.58	3.43	41.46	62.60	6.51
	Calefacción	824,088	9.65%	35.02	4.36	52.65	79.50	8.27
	Lavandería	765,688	8.97%	32.54	4.05	48.92	73.87	7.68
	Calentamiento de agua de albercas	1,239,377	14.52%	52.67	6.56	79.18	119.56	12.44
	Otros	1,894,754	22.20%	80.53	10.03	121.06	182.79	19.01
	Total	6,488,885	76.02%	275.78	34.33	414.57	625.98	65.12
Total		2,047,040	23.98%	87.00	10.83	130.78	197.48	20.54
Total		8,535,925	100%	362.78	45.16	545.36	823.45	85.66

FUENTE: Cálculos propios

Los usos finales eléctricos con mayor índice de consumo energético son: la iluminación y el uso de motores eléctricos para diferentes tareas, tales como bombeo de agua, compresión de aire, aire acondicionado y refrigeración.

Por lo que la evaluación técnico económica de cambio de lámparas y cambio de motores eléctricos, realizada en el capítulo anterior la podemos considerar como acertada.

Finalmente, tomando en cuenta que el factor de carga de la instalación eléctrica del conjunto del IMSS en 1999 en promedio es de 62%, el indicador por demanda eléctrica específica resultante es 1.61 kW-h/kWh.

#### 4. EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES ENERGÉTICOS DEL CONJUNTO DEL IMSS.

Para evaluar los indicadores de consumo energético utilizamos el método estadístico de dispersión, siguiendo la propuesta de R. Rosas (1998), este método se realiza para definir el grado de representatividad del indicador.

En el análisis por el método estadístico de dispersión tenemos que "mientras menor sea la dispersión, diremos que el índice característico es más representativo de lo que sucede en la

empresa (hospital), y por el contrario, mientras mayor sea la dispersión, el índice característico será menos representativo" [R. Rosas, 1998, p.397].

De acuerdo al autor mencionado definimos como la dispersión porcentual del indicador al término:

$$\text{Dispersión} = ((2*S)/X')*100 \quad (5.1)$$

Donde,  $X'$  es el valor promedio del índice en el periodo considerado.

$S$  es la desviación estándar de los valores del índice, definida ésta,

$$\text{Como: } S = \% \{j[(X_i - X')^2]/n\} \quad (5.2)$$

$X_i$  es el valor del índice correspondiente al periodo "i"

$n$  es el número de datos.

Para utilizar este método es importante tener en cuenta las siguientes hipótesis:

- El análisis se hace con datos correspondientes a una serie de tiempo para ciclos anuales completos.
- Que durante el periodo de tiempo analizado, el hospital trabaja en condiciones normales, lo cual significa que no hay cambios importantes, tales como: tamaño, capacidad o saturación.

La evaluación de dispersión estadística, arroja como resultado, el grado de uniformidad de los datos. Sin embargo, tomamos la dispersión estadística como una primera forma de evaluación de los indicadores energéticos.

Asumimos además los criterios del autor mencionado para clasificar la dispersión de un indicador de consumo energético, que se presentan en la *tabla 5.4*.

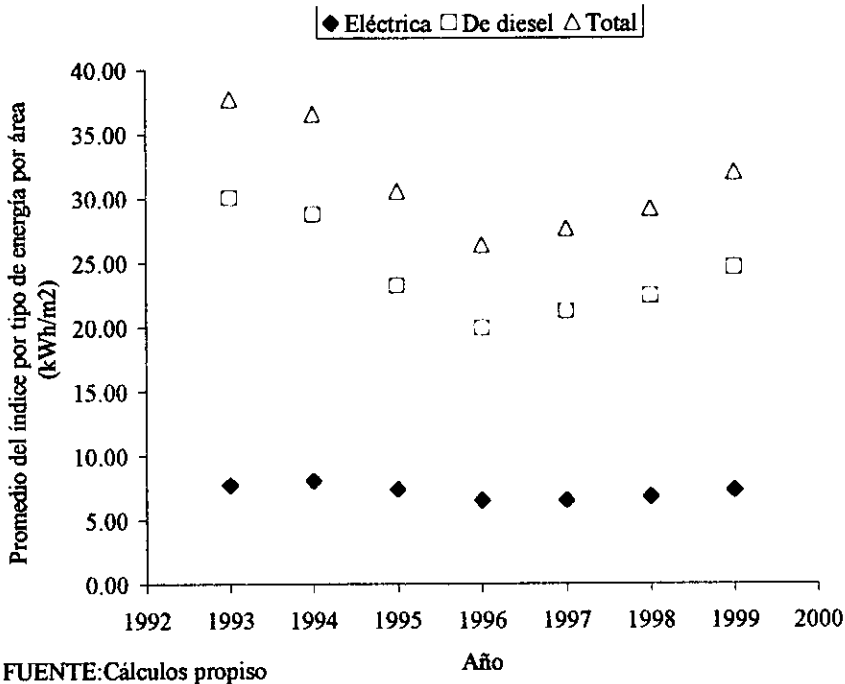
*Tabla 5.4 Criterios para evaluar un indicador por medio de la dispersión.*

DISPERSIÓN	CALIFICATIVO DEL ÍNDICE
< 20%	Bueno
> 20 < 40%	Aceptable
> 40 < 75%	Cuestionable
> 75%	No representativo

FUENTE: R. Rosas, 1998, p.397

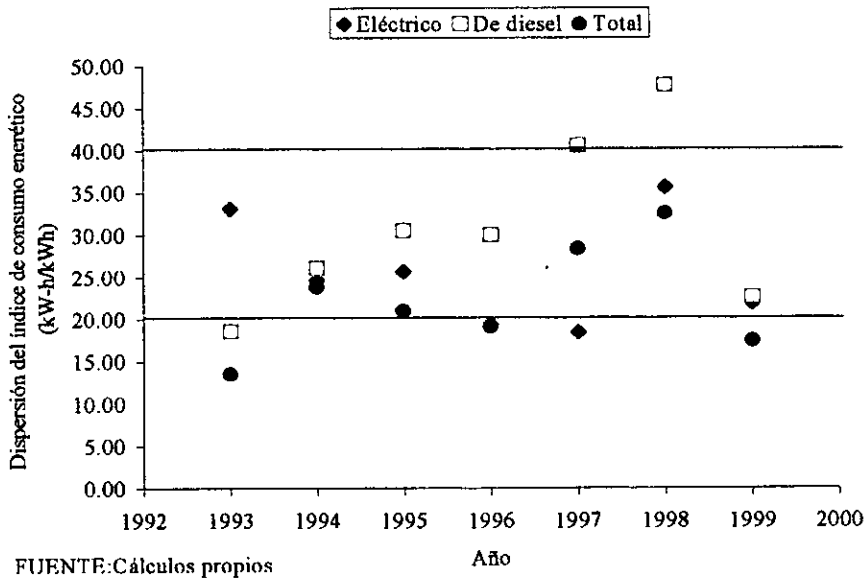
En las *gráficas 5.1 y 5.2* se presenta el resultado de la evaluación por dispersión estadística de los indicadores de consumo energético por tipo de energía por área del conjunto del IMSS de los años 1993 a 1999 (*véase concentrado en tabla 1.7 en anexos*). Se procedió a hacer la evaluación de dispersión estadística de los indicadores de consumo energético con los datos mensuales de cada año, por tipo de energía (*véase detalles de cálculo en tablas 1.4 a 1.6 de los anexos*) Cabe señalar que en los anexos también se encuentran los resultados de la evaluación de indicadores de consumo energético por cama, los cuales no se presentan aquí, puesto que dan los mismos resultados de dispersión que se presentan en la *gráfica 5.2*.

Gráfica 5.1 Índice promedio anual del consumo energético mensual por área del conjunto del IMSS.



Como podemos observar en la gráfica 5.1 la distribución del indicador de consumo energético promedio por tipo de energía es similar a la presentada para los consumos anuales en el capítulo 2 (gráficas 2.2 §2, 2.3 §2 y 2.9 §2).

Gráfica 5.2 Dispersión del índice promedio anual del consumo energético mensual por área del conjunto del IMSS.



Como se observa en la *gráfica 5.2* la mayor parte de los resultados de la evaluación de dispersión de los indicadores energéticos por área del conjunto del IMSS en Aguascalientes, caen en el rango considerado como aceptable. Solamente 2 índices de consumo de diesel quedan en el rango considerado como cuestionable. Estos se explican por los altos consumos de diesel durante el periodo diciembre de 1997 y enero de 1998, por causa de una fuga de vapor detectada en la red alimentación de vapor al intercambiador de calor utilizado para calentar agua de albercas (*véase tabla A.2 de los anexos*). Los 5 datos restantes se ubican en el rango considerado como bueno.

Cabe señalar, por ejemplo, que el indicador promedio de consumo de diesel por área del año 1997 es uno de los más bajos (*véase gráfica 5.1*), sin embargo, la dispersión correspondiente se ubico en el rango considerado como cuestionable.

En la *tabla 5.5* se integran los resultados de la evaluación de dispersión estadística de los indicadores de consumo mensual por producto por tipo de energía para los años 1997, 1998 y 1999. En la *tabla 5.5* se integra además la evaluación del indicador de demanda eléctrica para los años citados (*véase detalles de cálculo en tablas 1.8 a 1.10 de los anexos*).

Como se ve en la *tabla 5.5* los indicadores de demanda eléctrica específica de los tres años evaluados cae en el rango considerado bueno. El resultado de los indicadores de consumo eléctricos por producto, de los años evaluados esta dentro de lo aceptable. Los indicadores de consumo de diesel por producto de 1999 están dentro del rango de lo aceptable. Estos indicadores para los años 1997 y 1998 llegaron al rango de lo cuestionable. De igual forma los indicadores de consumo energético total de 1999 son aceptables según los rangos mencionados. Estos indicadores para del año 1998 resultaron cuestionables.

Los resultados de la evaluación del índice de consumo de diesel por producto, para dos de los tres años evaluados quedaron dentro del rango de lo cuestionable. Esto puesto que, el consumo de diesel varía considerablemente durante los meses del año, como lo mencionamos en el capítulo 2. En consecuencia, algunos resultados de los índices de consumo energético total por producto también caen en el rango de lo cuestionable.

*Tabla 5.5 Resumen de la evaluación por dispersión estadística de los indicadores energéticos del conjunto del IMSS.*

Tipo	Año	Demanda eléctrica: Específica (kW-h/kWh)			Indicador de consumo energético por producto								
					Egresos (kWh/egreso)			Cirugías (kWh/cirugía)			% de ocupación (kWh/% de ocupación)		
		X'	S	Disp.	X'	S	Disp.	X'	S	Disp.	X'	S	Disp.
Eléctri co	1997	1.68	0.11	13.69	108.72	10.27	18.90	184.19	16.77	18.21	1,470.83	184.09	25.03
	1998	1.60	0.11	14.22	125.50	24.74	39.43	189.06	32.65	34.54	1,470.35	258.07	35.10
	1999	1.61	0.05	6.81	140.29	17.63	25.13	185.25	18.84	20.34	1,988.07	199.77	20.10
Diesel	1997				361.00	102.09	56.56	605.90	151.12	49.88	4,822.65	1,143.00	47.40
	1998				426.47	152.76	71.64	631.52	180.60	57.19	4,968.31	1,569.73	63.19
	1999				476.10	77.03	32.36	630.84	105.56	33.47	6,750.29	0.00	29.19
Total	1997				469.72	104.94	44.68	790.09	148.73	37.65	6,293.48	1,151.08	36.58
	1998				551.96	159.08	57.64	820.58	174.02	42.41	6,438.66	1,589.54	49.37
	1999				619.02	83.65	27.03	819.80	113.28	27.64	8,777.01	0.00	23.26

FUENTE: Cálculos propios

## 5. COMPARACIÓN DE LOS INDICADORES OBTENIDOS DEL IMSS CON LOS INTERNACIONALES.

En la literatura hay una gran variedad de tipologías de hospitales, por ejemplo J. M. Williams (1998) clasifica los hospitales por edad (viejos y modernos) y por el tipo de proyecto que se usó para su construcción (estrecho o profundo); A. Sánchez (1999) los clasifica por zonas según la temperatura ambiente del lugar de ubicación: zona A-B (<800 °C/día), zona C (800-1300 °C/día) y zona D-E (> 1300 °C/día); BUREAU (1999) hace una división entre los hospitales ubicados al norte y al sur de Estados Unidos de Norteamérica, los clasifica además por hospitales que cuentan con un programa de energía (PE) y los que no lo tienen y por el tamaño de los hospitales (en m<sup>2</sup>). No hay en consecuencia una similitud en la clasificación de hospitales lo cual hace difícil una comparación entre indicadores energéticos. Contar sin embargo con datos de indicadores energéticos internacionales para hospitales puede servir como un punto de partida y de referencia para saber que tan razonable es el consumo energético en los hospitales del IMSS en México y eventualmente estimar un potencial de ahorro.

### 5.1 COMPARACIÓN DE INDICADORES DE CONSUMO ENERGÉTICO POR ÁREA (KWH/m<sup>2</sup>).

En la *gráfica 5.3* se muestra el indicador de consumo energético total por m<sup>2</sup> de algunos hospitales de diferentes países registrados según autor de la bibliografía.

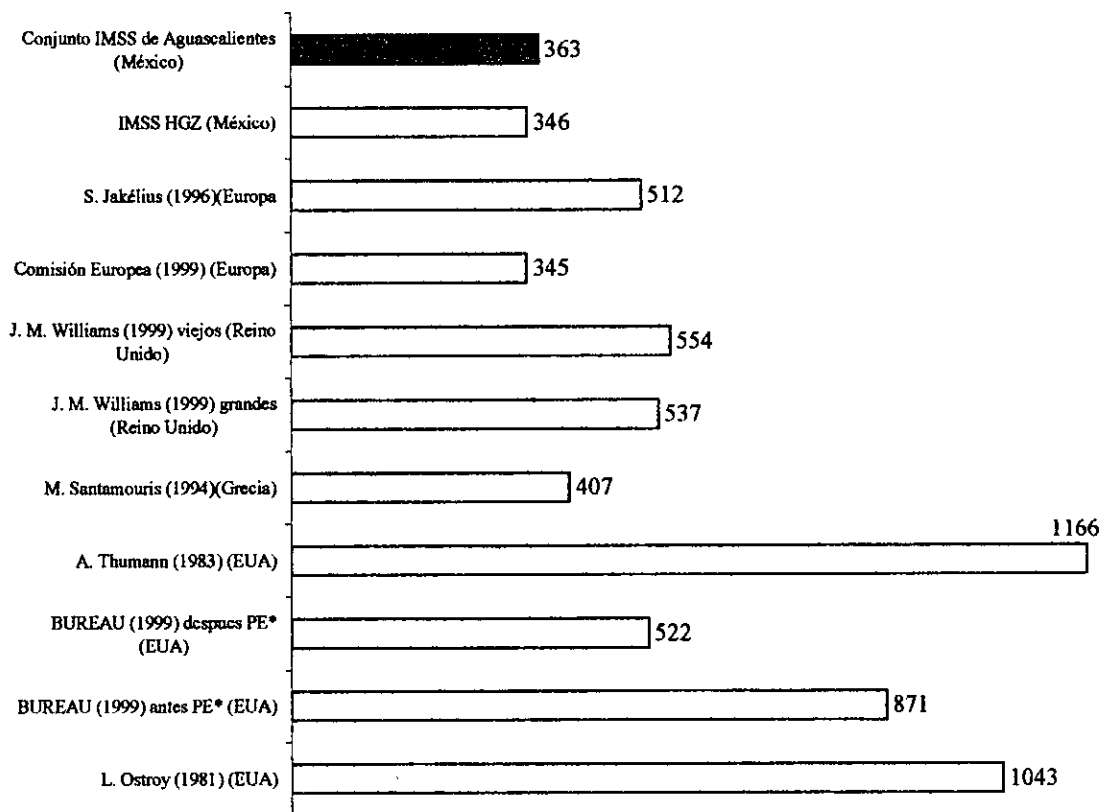
Para entender la *gráfica 5.3*, hacemos las siguientes aclaraciones:

Se presentan dos indicadores de consumo energético por área de BUREAU (1999), estos datos se refieren al promedio de los hospitales del norte de Estados Unidos de Norteamérica antes y después de un programa de energía. Cabe señalar que el autor no presenta indicadores para hospitales mayores de 13,935 m<sup>2</sup> del sur de su país.

En la *gráfica 5.3* podemos observar que el indicador de consumo energético total por área de los diferentes autores varía. El rango mostrado para este indicador energético va desde 345 kWh/m<sup>2</sup> (Comisión Europea, 1999) hasta 1,043 kWh/m<sup>2</sup> (L. Ostroy, 1981).

En la *gráfica 5.4* se muestran los indicadores de consumo total energético por área de hospitales de diferentes países, registrados por S Jakélius (1996), por A. Thumann (1983) y los índices del conjunto del IMSS de Aguascalientes, México

Gráfica 5.3 Indicador de consumo energético total por área (kWh/m<sup>2</sup>).



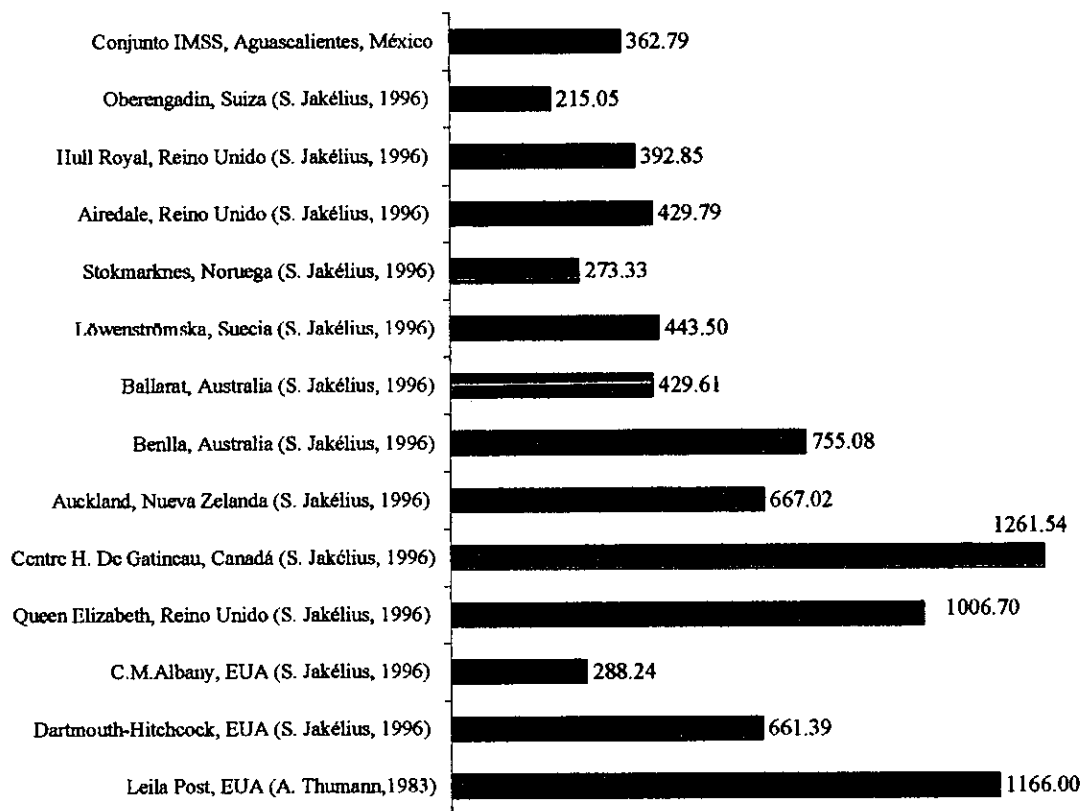
FUENTE: Datos propios

\* Programa de energía

Como podemos ver en la *gráfica 5.4*, solamente 3 de los índices resultan menores que el correspondiente al conjunto del IMSS de Aguascalientes. El resto está por encima.

Buscando las causas de las diferencia de los índices de consumo total energético por área, además de las ya mencionadas al inicio de ésta sección, podemos mencionar que la mayor parte de los hospitales, de los cuales tenemos índices de consumo energético están ubicados en países con una latitud mayor que la de México y por lo tanto tienen climas diferentes. En consecuencia utilizan más energéticos para calefacción (*véase tabla 1.11 en anexos*) y durante mayor tiempo. Además son países económicamente más desarrollados y con mayor preocupación ambiental. Por ejemplo Estados unidos de Norteamérica, Francia, El Reino Unido.

Gráfica 5.4 Indicador de consumo total energético de hospitales por área (kWh/m<sup>2</sup>).



FUENTE: Propia

Como se puede ver en la tabla I.11 (de los anexos) el hospital cuyo indicador de consumo energético que más se aproxima al del HGZ N°1 (362.79 kWh/m<sup>2</sup>) es el del hospital Hull Royal del Reino Unido (392.52 kWh/m<sup>2</sup>). Este hospital tiene un área muy superior (111,087 m<sup>2</sup>) y en consecuencia un consumo total anual de energía superior (43,640 MWh). Aunque el área del hospital Oberengain de Suiza (25,980 m<sup>2</sup>) es un 10% mayor que el área del HGZ N°1 (23,529 m<sup>2</sup>), su indicador de consumo energético por área es un 40% menor.

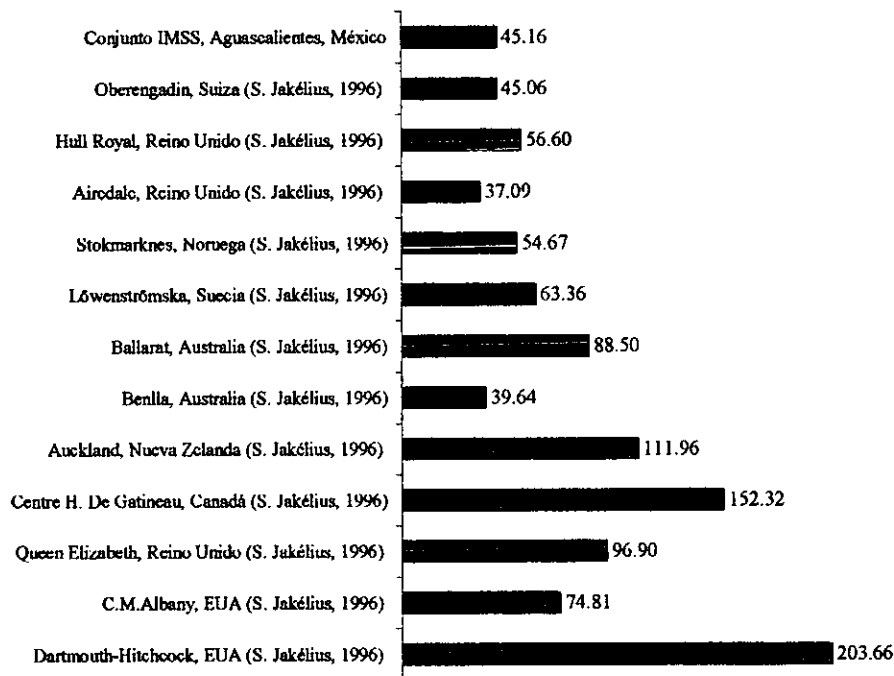
## 5.2 COMPARACIÓN DE INDICADORES DE CONSUMO ENERGÉTICO POR CAPACIDAD (MWH/CAMA).

Ahora bien, en la gráfica 5.5 se muestra el indicador de consumo total energético por capacidad de hospitales de diferentes países según S. Jakélius (1996).

Como podemos observar en la gráfica 5.5 el indicador de consumo total energético por capacidad varía en un rango desde 37.09 MWh/cama para el hospital Airedale del Reino Unido hasta 203.66 MWh/cama para el hospital Dartmouth - Hitchcock de Estados Unidos de Norteamérica. Como podemos ver en la gráfica citada, nuestro resultado (45 MWh/cama) solamente está por encima de los índices de dos hospitales (el Airedale y el Benella) y el resto de los hospitales mostrados en la gráfica tienen índices de consumo

energético superiores al indicador de consumo total energético del conjunto del IMSS de Aguascalientes.

*Gráfica 5.5 Indicador de consumo energético total de hospitales por capacidad (MWh/cama).*



FUENTE: Propia

Como podemos observar en la *tabla I.11 (de los anexos)*, el hospital cuya capacidad (en camas) que más se aproxima a la capacidad del HGZ N°1 del conjunto del IMSS es el hospital Ballarat de Australia (200 camas); sin embargo tiene mayor consumo anual de energía (17,700 MWh) y por lo tanto el índice de consumo de energía por capacidad es de 88.5 MWh/cama, casi un 100% mayor que el índice de consumo de energía del HGZ N°1. Sin embargo, el hospital Oberengadin de Suiza con menos camas (124) y menor consumo anual de energía total (5,587 MWh) registra un índice de consumo energético (45.06 MWh/cama) similar al del HGZ N°1 (45.16 MWh/cama).

Inferimos que la variación de los indicadores de consumo energético por capacidad se da por idénticas razones citadas para el indicador de consumo energético por área.



### 5.3 COMPARACIÓN DE INDICADORES DE CONSUMO ENERGÉTICO DE USO FINAL.

En la *tabla 5.6* presentamos el consumo energético por usos finales de la energía en hospitales en forma porcentual. Como se puede observa en la tabla mencionada, los autores citados registran diferentes patrones de consumo energético por uso final. Los cuales difieren entre si y con los que en esta tesis hemos especificado.

Como se muestra en la *tabla 5.6* la calefacción tiene un porcentaje muy elevado en la estructura de uso final en todos los hospitales estudiados excepto en el del conjunto del IMSS de Aguascalientes. Este uso energético requiere para esos hospitales entre una tercera parte y la mitad del total de la energía consumida. En nuestra estimación para el conjunto del IMSS de Aguascalientes solo una décima parte. La diferencia fundamental es la diferente latitud de los hospitales reportados y el conjunto del IMSS. Consideramos que esta es una de las principales causas por las que nuestras estimaciones varía respecto a ellos. Puesto que mientras que en hospitales ubicados a latitudes mayores, el 100% de su área requiere calefacción y la usan en un alto porcentaje del año, mientras que en el conjunto del IMSS solamente cuentan con calefacción las áreas critica, tales como Quirófanos, Cuneros, Salas de expulsión, Cuidados Intensivos, las áreas de hospitalización de Medicina Interna, Pediatría y Urgencias, ocupando la calefacción entre 3 y 4 meses del año.

La iluminación es otro de los usos finales energéticos en donde hay diferencias entre los datos registrados por los diferentes autores y el los del conjunto del IMSS. Como se puede ver en la *tabla 5.7* no todos los autores lo reportan por separado, algunos unen alumbrado y potencia o alumbrado y equipos eléctricos. Además, mientras que autores como L. Ostroy (1981) reporta un 22% para este uso, M Santamouris (1999) lo hace con 12.8% resultando ambas superiores al 10.92% del conjunto del IMSS de Aguascalientes.

Citamos también el indicador de consumo energético para calentar agua sanitaria, para el cual autores como L. Ostroy (1981) reporta un 3% mientras que para el conjunto del IMSS representa un 12.9%, para los hospitales reportados por la Comunidad Europea (1999) un 22.2%.

Finalmente en la *tabla 5.7* registramos los indicadores de consumo energético por área ( $\text{kWh/m}^2$ ) y por capacidad ( $\text{MWh/cama}$ ) separando por usos finales energéticos para hospitales.

Como podemos observar en la *tabla 5.7* solamente dos índices de consumo energético por área por uso final del conjunto del IMSS de Aguascalientes son mayores que los registrados por los autores. El indicador energético por área para calentar agua del conjunto del IMSS es de  $43.85 \text{ kWh/m}^2$  mientras que el índice energético registrado por L. Ostroy (1981) es de  $31.5 \text{ kWh/m}^2$ . De igual forma, mientras que el índice de consumo de energía por área para cocción del conjunto del IMSS es  $27.58 \text{ kWh/m}^2$ , éste índice lo reporta la Comisión Europea (1999) es de  $8 \text{ kWh/m}^2$  y por Comunidad Europea (1999) de  $12 \text{ kWh/m}^2$ .

El resto de los índices de consumo energético de uso final por área, de los autores de la *tabla 5.7* resultan mayores que los estimados para el conjunto del IMSS de Aguascalientes.

El indicador de consumo energético por cama clasificado por usos finales únicamente lo reporta A Sánchez (1999). Comparando los índices del autor con los del conjunto del IMSS, observamos que coinciden en 4 usos finales, a saber: calefacción, calentamiento de agua sanitaria, lavandería y esterilización. De lo cuales únicamente el indicador de consumo de energía para calentar agua sanitaria del conjunto del IMSS que es 5.46 MWh/cama supera al reportado por A. Sánchez (1999) 3.629 MWh/cama.

Con los datos de la *tabla 5.7* podemos concluir que en el HGZ N°1 de Aguascalientes hay un potencial de ahorro de energía utilizada para calentar agua sanitaria respecto a los datos de L. Ostroy (1981) es del orden de un 28% y respecto a A. Sánchez asciende hasta 33.5%.

Tabla 5.6 Consumo energético por usos finales de la energía en hospitales en forma porcentual

CONCEPTO	L Ostroy (1981)	A. Thumann (1989)	M. Santamouris (1994)	Comisión Europea (1999)	A. Sánchez (1999)	Comunidad Europea (1999)	Natural Resources Canada (1982)	HGZ N°1 Aguascalientes
Vapor				29%				
Por calefacción	33%	58%		53%	40.7%	34.8%	50%	9.65%
Por calefacción eléctrica			6%					
Por ventilación	17%					14.8%		
Enfriamiento eléctrico			0.81%		3.9%	2.8%		3.7%
Planta de enfriamiento central	11%			14%				
Por iluminación	22%	15%	12.8%				15%	10.92%
Alumbrado y fuerza					22.1%	10.8%		
Equipamiento eléctrico			13%					
Aplicaciones eléctricas	12%							
Calentamiento de agua	3%				12.58%	22.2%		12.9%
Lavandería		12%			17.76%	15.85%	14%	8.97%
Cocción		7%		2%		2.5%	7.5%	7.6%
Esterilización	2%						2%	0.99%
Incineración				1%		4.74%		
Calentamiento de agua de albercas								14.52%
Otros		8%			2.96	4.59%		28.5%

Tabla 5.7 Consumo energético por uso final de hospitales.

CONCEPTO	Indicador de consumo energético de uso final por área (kWh/m <sup>2</sup> )					Indicador de consumo energético de uso final por capacidad (MWh/cama) A. Sánchez (1999)
	L Ostroy (1981)	M. Santamouris (1994)	Comisión Europea (1999)	Comunidad Europea (1999)	HGZ N°1 Aguascalientes	
Vapor			100			
Por calefacción	343.6		184	135	35.02	5.621
Por calefacción eléctrica		24.4				
Por ventilación	176.5			55		
Enfriamiento eléctrico		3.3		14		
Planta de enfriamiento central	113.5		48			
Por iluminación	229.3	52.1			39.62	
Alumbrado y fuerza				39		6.332
Equipamiento eléctrico		52.9				
Aplicaciones eléctricas	117.7					
Calentamiento de agua	31.5			75	43.85	3.629
Lavandería				70	32.54	5.123
Cocción			8	12	27.58	
Esterilización	22.08				3.59	0.854
Incineración			5	19		
Calentamiento de agua de albercas					52.67	
Otros				16	104.1	1.315

## 6. POTENCIAL DE AHORRO ENERGÉTICO POR ANÁLISIS DE INDICADORES ENERGÉTICOS.

Para determinar el potencial de ahorro de energía por medio del análisis de indicadores de consumo energético seguimos el siguiente método:

- a) Se determinan los índices de consumo energético mensual.
- b) Se grafican los índices de consumo energético mensual respecto al consumo energético mensual.
- c) Se localizan los punto más bajos de la gráfica de los índices de consumo mensual.
- d) Se unen los puntos más bajos de la gráfica. Los puntos resultantes son los índices de consumo energético esperado.
- e) El área bajo la curva de los índices de consumo real y la curva del índice de consumo esperado representa el potencial de ahorro de energía o el consumo energético en exceso.

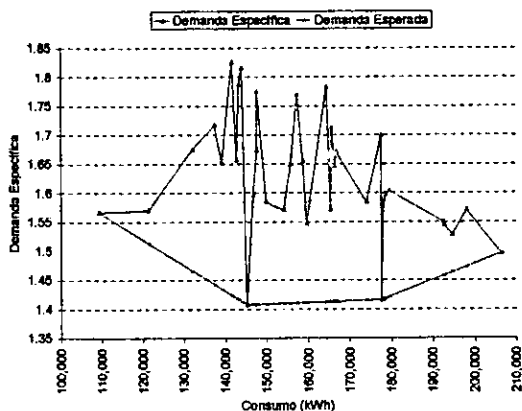
Para utilizar este método suponemos las siguientes hipótesis:

- a) El hospital puede operar con el indicador de consumo energético esperado.
- b) El potencial de ahorro de energía es la suma de las diferencias entre el indicador de consumo energético mensual real y el indicador de consumo mensual esperado.

El primer índice por analizar será el índice de la demanda eléctrica específica. Los datos que dan origen a la *gráfica 5.6* se encuentran registrados en la *Tabla 1.12 (en anexos)*. La gráfica mencionada presenta el comportamiento de la demanda específica como función del consumo eléctrico mensual. En la gráfica apreciamos el comportamiento de la demanda específica (línea superior). Obsérvese sobre el mismo gráfico la curva de comportamiento mínimo esperado (línea inferior); esta ha sido construida uniendo los puntos más bajos de la curva de la demanda específica. El área entre ambas curvas representa la potencia en exceso que se usa durante el periodo de análisis, y será la base de nuestra hipótesis, acerca del potencial de ahorro [R. Rosas, 1998, P.398]. Por lo cual podemos concluir que hay un potencial de ahorro mensual de demanda de potencia eléctrica máxima de 71.76 kW.

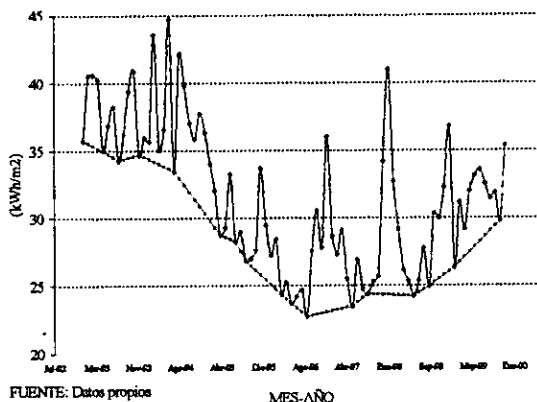
Siguiendo el procedimiento anterior, analizaremos el Comportamiento del indicador de consumo de energía total por área y por capacidad, como función del consumo total mensual. Los resultados se encuentran en las *tablas 1.13 (en anexos)* y los podemos observar en las *gráficas 5.7 y 5.8*.

*Gráfica 5.6 Comportamiento de la demanda específica como función del consumo eléctrico mensual.*



FUENTE: Cálculos propios

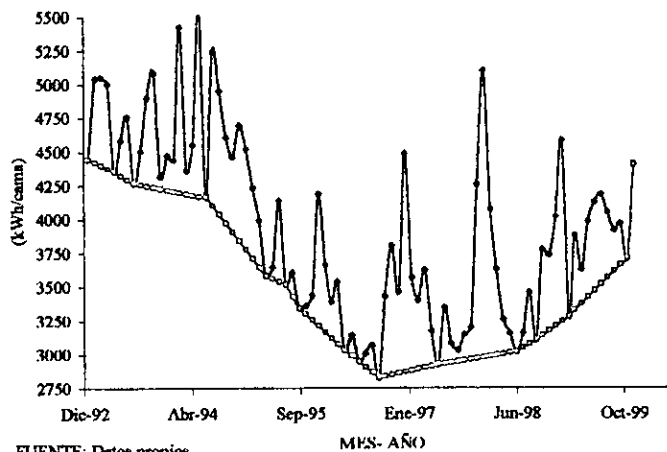
*Gráfica 5.7 Comportamiento del indicador de consumo de energía total por área como función del consumo total mensual.*



FUENTE: Datos propios

MES-AÑO

*Gráfica 5.8 Comportamiento del indicador de consumo de energía total por capacidad como función del consumo total mensual.*



FUENTE: Datos propios

MES- AÑO

El resumen de los resultados obtenidos con los indicadores analizados se encuentran en la *tabla 5.8*. Se observa que de acuerdo a este método de evaluación de índices, existen ahorros de demanda máxima de potencia eléctrica de 20% y un potencial de ahorro de energía total (eléctrica y térmica) del 11.2 al 13.4%.

*Tabla 5.8 Resumen de resultados del análisis de correlación de indicadores.*

Indicador	Tipo	Exceso	Ahorro Energético anual
Demanda eléctrica específica (kW)	Eléctrico	861 (kW)	20.02%
Comportamiento del indicador de consumo de energía total por área como función del consumo total mensual.	Total	994,975 (kWh)	11.16%
Comportamiento del indicador de consumo de energía total por capacidad como función del consumo total mensual.	Total	1,023,840 (kWh)	11.48%
<b>FUENTE: Cálculos propios</b>			

Para terminar éste capítulo hacemos las siguientes conclusiones:

Los indicadores de consumo total energético del conjunto del IMSS para 1999 son:

- El indicador de consumo total energético por área es 362.73 kWh/m<sup>2</sup>
- El indicador de consumo total energético por capacidad es 45.16 MWh/cama.
- El indicador de consumo total energético por egresos hospitalarios es 545.28 kWh/egreso.
- El índice de consumo total energético por cirugía es 823.34 kWh/cirugía.
- El índice de consumo total energético por % de ocupación es 85.65 MWh/%.

La evaluación de indicadores por dispersión estadística ayuda a determinar los indicadores más representativos para el hospital. Lo anterior siempre y cuando se haga la evaluación para series completas de datos. Por ejemplo de un año, dos años o más años completos.

Con los datos encontrados en la literatura es aventurado hacer comparaciones y sobre todo determinar potenciales de uso eficiente y ahorro de energía, porque no se cuenta con información completa y por las diferencias en características de los hospitales, de los cuales encontramos información.

Por el análisis de indicadores energéticos, efectuado en la sección 6, en el conjunto del IMSS de Aguascalientes hay un potencial de ahorro de demanda de potencia eléctrica máxima del 20%.

Por el mismo tipo de evaluación, en el conjunto del IMSS hay un potencial de ahorro de energía de 11.16% por el análisis del indicador de consumo total energético por área y 11.46 de acuerdo al análisis de consumo total energético por capacidad.

## Bibliografía del capítulo 5

- BUREAU, 1999, Hospital Energy Index, iowa Departament of Natural Resources, [www.nrggroup.com/hospital1.htm](http://www.nrggroup.com/hospital1.htm).
- Comisión Europea, 1999, Energy efficiency in hospitals and clinics, The demonstration component of the Joule – Thermie Program, European Communities, 28pp.
- CONAE, 1998, Metodología para Evaluar la Aplicación de un Sistema de Control de Demanda Eléctrica, Versión 3.0, CONAE, México, 159pp. En Internet, [www.conae.gob/](http://www.conae.gob/).
- Getino, R. 1999, Actuación del EREN en la Optimización Energética en Instalaciones Hospitalarias en Castilla y León, 19, en el libro de ponencias de la Jornada Tecnológica de Soluciones para la Disminución de Costes Energéticos en Hospitales, Madrid, 18 de Noviembre, 13pp.
- IMSS, 1996, Índice de Consumo de Fluidos y Energéticos de 1995, IMSS, Documento interno, México, 1996.
- IMSS, 1997, Índice de Consumo de Fluidos y Energéticos de 1996, IMSS, Documento interno, México, 1997.
- IMSS, 1998, Índice de Consumo de Fluidos y Energéticos de 1997, IMSS, Documento interno, México, 1998.
- IMSS, 1999, Índice de Consumo de Fluidos y Energéticos de 1998, IMSS, Documento interno, México, 1999.
- IMSS, 2000, Sistema de Evaluación Institucional de los Servicios de Conservación, IMSS, Documento interno, México, 2000.
- INEGI-16, 2000, Estadísticas del Sector Salud y Seguridad Social, Cuaderno N°16, México, junio, 345 pp.
- Jakélius S., 1996, Learning Experiences With Energy Savings In Hospitals, CADDET, Analyses series 20, 145 pp.
- Mulet E. Et al, 1997, Proyecto de Consumo y Auditoría Energética, en Seminario Nacional Sobre el Uso Racional de la Energía y Exposición de Equipos y Servicios, Memoria Técnica, Asociación de Técnicos y Profesionistas de Ahorro de Energía (ATPAE), México, D.F, 22 al 26 de Septiembre, pp. 549-555
- Natural Resources Canada, 1982, Energy Management in Canadian Health Care Facilities, Technical manual, Technical Report N°5, Task Force on Energy Management in Health Care Facilities in Canada, Julio, 157pp.



Ostroy L. Energy Conservation in Large Hospitals & Medical Centers, Journal of Clinical Engineering, Abril - Junio, Vol. 6 N°2, pp.125 – 130.

Rosas R, 1998, Detección de Potenciales de Ahorro Mediante el Análisis Estadístico del Comportamiento de los Índices Energéticos, en Seminario Nacional Sobre el Uso Racional de la Energía y Exposición de Equipos y Servicios, Memoria Técnica, ATPAE, México, D.F, 22 al 26 de Septiembre, pp.395 – 400.

Sánchez A. El Ahorro Energético En Las Instalaciones De Hospitales –EXPERIENCIAS–, Anexo de la Jornada Tecnológica de Soluciones para la Disminución de Costes Energéticos en Hospitales, Madrid, 18 de Noviembre, 10pp.

Santamouris M., et al. 1994, Energy Performance and Energy Conservation en Health Care Buildings in Hellas, Energy Convers. Mgmt Vol.35, No.4, Elsevier Science Ltd. Great Britain, pp. 293-305.

Thumann A. P.E., C.E.M., 1983, Handbook of Energy Audits, Segunda edición, The Fairmont press, inc, 443pp.

Thumann A. P.E., C.E.M. y D.P. Metha, 1989, Handbook of Energy Engineering, The Fairmont press, inc, 429pp.

Williams J. M., 1999, Hospital Energy Performance: New Indicators For UK National Health Service Estate, Building Serv Eng. Res. Technol. Vol. 20 N°1, 9 – 12, Great Britain.

## CONCLUSIONES

En el entorno económico de los hospitales en México dos fuerzas hacen cada vez más urgente, pero a su vez más atractivo desde el punto de vista económico la puesta en práctica de medidas de autoabastecimiento y de ahorro y uso eficiente de la energía. Por un lado, el incremento en términos reales de 14.08% del precio de diesel en noviembre de 1998, el principal combustible consumido en hospitales, y el alza reciente de 60% y 25%, respectivamente, de los precios de gas natural y gas LP, los cuales son los segundos energéticos de origen fósil más importantes en el consumo global de energía en hospitales.

Por otro lado, la aplicación a partir de 1999 de la tarifa eléctrica H-M en aquellos hospitales, como el HGZ N°1 del conjunto del IMSS de Aguascalientes, que demandan más de 100 KW de potencia eléctrica. En esta tarifa horaria la energía que se consume en el periodo de punta cuesta 4 veces más que la energía que se consume en el periodo de base y 3 veces más que la energía consumida en el periodo intermedia. Como se puede observar en la tabla 2.1, en 1999 esto provocó que el consumo eléctrico de punta del conjunto del IMSS de Aguascalientes representara un 25.33% respecto al consumo total de electricidad, mientras que el pago por esa energía ascendió al 52.9% del pago total de la factura eléctrica de 1999. La aplicación de la tarifa H-M también induce, como resultado adicional, una disminución de la demanda de potencia máxima facturable (*véase fórmula B-1 en anexos*) ya que ésta está determinada por la potencia en el periodo de punta.

### **Potencial de ahorro de energía por medio del análisis del comportamiento estadístico de indicadores energéticos**

La determinación del grado de dispersión estadística de un cierto indicador de consumo energético (*ver tablas 1.4, 1.5, 1.6 en los anexos*) es un método para evaluar su conveniencia de usarlo con fines comparativos. Desde este punto de vista, los indicadores de consumo energético por área y por cama resultaron ser los más interesantes ya que se determinaron en los rangos considerados como bueno y aceptable.

Una vez realizado esto, un método para definir potenciales de uso eficiente y ahorro de energía, es a través del método de correlación aplicado a los indicadores de consumo energético seleccionados. Los resultados que se hallaron por este método para los indicadores de consumo energético por área y por cama, respectivamente fueron de 11.16% y 11.46%, respecto al consumo energético total, por lo que se concluye que existe un potencial de ahorro y uso eficiente de energía en el conjunto del IMSS de Aguascalientes del orden de 1 GWh por años (*ver sección 6 §5*).

### **Metodología de ahorro y uso eficiente de la energía en hospitales**

Para aplicar medidas de ahorro y uso eficiente de energía en hospitales se debe elaborar una metodología en la que además de las fases convencionales de planeación y organización, obtención de información, procesamiento de datos, evaluación técnico – económica y reporte de resultados, se tome en cuenta la integración de los criterios hospitalarios y las características de la atención médica. Los criterios hospitalarios son: seguridad,

continuidad, oportunidad, calidad, confiabilidad y coordinación, mientras que las características de la atención médica son: universalidad, suficiencia, eficacia, integridad, eficiencia, justicia, respeto, discreción y humanismo. Una metodología de uso eficiente y ahorro de energía en hospitales, como la que proponemos (*véase figura 1.2*), debe de preservar estos criterios y características

### **Estructura del uso final de la energía en hospitales**

Para aplicar medidas de ahorro y uso eficiente de energía en hospitales, se debe asimismo de determinar la estructura del consumo energético de los Hospitales. En el caso del conjunto del IMSS de Aguascalientes los combustibles para generar energía térmica representan el 75% del total de la energía consumida mientras que la energía eléctrica es el restante 25%. Los usos finales de energía térmica y sus consumos estimados en términos porcentuales son según los cálculos realizados en esta tesis: cocción de alimentos (4.15%), lavado de ropa (12.8%), esterilización (2.35%), calefacción de espacios (13.6%), calentamiento de agua sanitaria (10.4%), calentamiento de agua de albercas (20.47%), y finalmente, pérdidas y otros (36.17%) (*ver tabla A.10 en anexos y figura 2.5*). Por último, los usos finales eléctricos que calculamos son: iluminación (45.5%), motores eléctricos (13.15%), electromédicos (8.5%), aire acondicionado y refrigeración (15.4%), lavandería (3.16%), pérdidas y otros (14.22%) (*ver figura 2.5*).

### **Medidas de ahorro y uso eficiente de la energía en hospitales.**

Entre las principales medidas de ahorro y uso eficiente de energía que en esta tesis se dedujeron y se evaluaron se encuentran las acciones de rutina, de ahorro y uso eficiente de energía térmica según la técnica del punto de pliegue y de ahorro y uso eficiente de energía eléctrica. A continuación destacamos los resultados más importantes de estas medidas.

#### Acciones de rutina.

Esto concierne a mejoras en los procedimientos de operación y en los programas de mantenimiento. En el capítulo 2, de las 36 medidas de uso eficiente y ahorro de energía identificadas 21 (el 58%) son de operación y mantenimiento. El equipo de Conservación del IMSS juega, desde este punto de vista, un papel importante en el uso eficiente y ahorro de energía en hospitales. Un ejemplo claro es lo logrado por el equipo del conjunto del IMSS en Aguascalientes entre 1994 y 1996, que logró una disminución de 270,000 litros de diesel (*véase gráfica 2.5*) equivalentes en términos económicos a más de \$110 mil dólares (de diciembre de 1999). De manera similar entre 1994 y 1997 éste equipo obtuvo ahorros de energía eléctrica por 470 MWh (*véase gráfica 2.9*), que en términos económicos significó un ahorro de 26 mil dólares de diciembre de 1999.

#### Ahorro y uso eficiente de la energía térmica según la técnica de punto de pliegue.

En esta tesis se mostró que la técnica de punto de pliegue es una poderosa técnica termodinámica para analizar el ahorro y uso eficiente de la energía térmica en hospitales.

De acuerdo a esta técnica, la cantidad de energía térmica óptima, y necesaria para el conjunto del IMSS de Aguascalientes es de 388.64 kW<sub>T</sub> (térmicos), la cual representa un potencial de ahorro de energía del 38% respecto al consumo de energía térmica de este hospital (véase gráfica 3.14). Para 1999 el consumo energético total del conjunto del IMSS fue de 31.11 TJ, del cual, el diesel para energía térmica ascendió a 23.36 TJ (véase tabla A.1 de los anexos), por lo tanto se estima un potencial de ahorro de energía mayor a 8.5 TJ, que en términos físicos equivale a más de 240,00 litros de diesel.

Para realizar un uso más eficiente de la energía térmica en este hospital, la aplicación de esta técnica arrojó como resultado la instalación de 4 intercambiadores de calor para satisfacer los usos finales siguientes:

- Reposición de agua a calderas.
- Calentar agua sanitaria del conjunto del IMSS.
- Calentar el agua sanitaria de lavandería.
- Calentar agua para lavandería.

Para llevar a cabo esto se propone la recuperación del calor del vapor condensado de la red de generación y distribución de vapor y la recuperación del calor disponible de las aguas jabonosas de lavandería, medidas que según nuestra evaluación son técnicamente viables. Para lograr esto se requiere la rehabilitación de la red de condensados del sistema de distribución de vapor del conjunto del IMSS e Instalar 2 intercambiadores de calor para aprovechar ese calor para calentar el agua sanitaria y de lavandería del conjunto, además de utilizar los condensados directos como agua de reposición a calderas. Procediendo de esta manera se pueden lograr ahorros energéticos anuales de 2.89 TJ con una inversión de \$25,144 de dólares de diciembre de 1999. Esta inversión sería extremadamente benéfica ya que el periodo de recuperación de capital sería de 0.6 años (7 meses), el valor presente neto sería positivo y del orden de los \$234,154 dólares de diciembre de 1999, la tasa interna de retorno de 167% y el factor costo-beneficio de 6.8. (véase tabla 4.2).

Además con la puesta de un intercambiador para recuperar el calor de las aguas jabonosas se pueden lograr ahorros energéticos anuales de 527,282 MJ con una inversión de \$5,361 dólares de diciembre de 1999. Esta inversión sería también muy atractiva ya que el periodo de recuperación de capital sería de 0.7 años (9 meses), el valor presente neto sería positivo y del orden de los \$38,836 dólares de diciembre de 1999, la tasa interna de retorno de 140% y costo-beneficio de 8.38 (véase tabla 4.3).

#### Medidas de ahorro y uso eficiente de energía eléctrica en hospitales.

La evaluación técnico económica de la opción del cambio de las lámparas estándar por lámparas más eficientes en el HGZ N°1 del IMSS de Aguascalientes, resulto positiva. La evaluación hecha cuando consideramos que se cambia las lámparas por el tiempo de uso respecto al tiempo promedio de su vida, dieron los siguientes resultados: con un ahorro anual en energía de 148 MWh y demanda de potencia de 269 kW con un costo correspondiente mayor a los \$10,000 (dólares de diciembre de 1999), el periodo de

recuperación (PR) = 0.78 años, la tasa interna de retorno (TIR) = 125%, el valor presente neto (VPN) = \$25,215 (dólares de diciembre de 1999) y el costo-beneficio (B/C) = 4.3 (ver tabla 4.7). Por lo que esta medida es extremadamente bondadosa desde que se aplica la tarifa HM.

De igual forma la evaluación técnico económica del cambio de motores estándar por motores de alta eficiencia resulta económicamente atractivo si se realiza en forma gradual (conforme se dañen), en especial si son motores que trabajan con un factor de planta mayor del 50%. La evaluación técnica y económica arrojó los siguientes resultados en el HGZ N°1 del IMSS de Aguascalientes: con un ahorro anual en energía de 19 MWh y demanda de potencia de 21.8 kW con un costo correspondiente mayor a los \$1,000 (dólares de diciembre de 1999), periodo de recuperación (PR) = 0.9 años, tasa interna de retorno (TIR) = 109%, valor presente neto (VPN) = \$6,571 (dólares de diciembre de 1999) y costo-beneficio (B/C) = 5.6 (ver tabla 4.8). Estos resultados muestran que con esta modalidad la integración de motores de alta eficiencia es económicamente muy atractiva.

### **Generación de energía térmica con colectores solares planos en hospitales**

La aplicación de la técnica del punto de pliegue dio como resultado adicional que el 60% (231.85 kW) de la energía térmica requerida en HGZ N°1 IMSS de Aguascalientes es de baja calidad y menor a 50 °C (véase gráfica 3.15). De acuerdo a este resultado y atendiendo a las posibilidades de autoabastecimiento de energía térmica, se determinó un listado de tecnologías de producción térmica, en las que incluimos alternativas solares que consideramos más compatibles desde el punto de vista de la calidad del calor y que podrían satisfacer este porcentaje de energía térmica de baja calidad<sup>1</sup> en el conjunto del IMSS.

En particular con esta información al evaluar técnico y económicamente la alternativa de uso de colectores solares planos para calentamiento de agua, con una calidad energética baja (entre 28 y 60 °C). Obteniendo un ahorro de diesel de 130,180 litros por año, con un ahorro económico mayor a los \$33,800 dólares (de diciembre de 1999), lo cual representa el 20% del consumo total de diesel y el similar ahorro en la facturación total por ese combustible. Nuestros resultados muestran que esta opción es económicamente atractiva ya que, en particular, la rentabilidad económica se incrementó substancialmente a partir del incremento de 14.08% del precio real del diesel en noviembre de 1998.

Por último, nuestros resultados indican que con una disminución de 10 °C en la temperatura del agua caliente sanitaria, por ejemplo de 60°C a 50°C, se lograrían ahorros anuales de diesel mayores a los 23,600 litros equivalentes en términos monetarios a más de \$6,100 dólares (de diciembre de 1999), lo cual representa el 3.5% del consumo total y facturación total de diesel (ver gráficas 4.5 y 4.10).

En efecto, para cubrir el 75% de la demanda de agua caliente sanitaria a una temperatura de 60°C con energía solar se requieren 860 m<sup>2</sup> de colectores solares planos, nuestros cálculos

---

<sup>1</sup> Consideramos que la energía de baja calidad es aquella demanda o disponibilidad de energía entre la temperatura ambiente y 50°C.

con un escenario de precios bajos del diesel son: periodo de recuperación (PR) = 6.67 años, tasa interna de retorno (TIR) = 12.4%, valor presente neto (VPN) = \$31,732 dólares (de diciembre de 1999) y costo beneficio (B/C) = 1.08 (*ver tabla 4.5*).

Sin embargo, si se considera cubrir el 75% de la demanda de agua caliente sanitaria a una temperatura de 50°C con energía solar se requieren solamente de 550 m<sup>2</sup> de colectores solares planos y los resultados económicos mejoran substancialmente: periodo de recuperación (PR) = 5.78 años, tasa interna de retorno (TIR) = 15.25%, valor presente neto (VPN) = \$45,687 dólares de diciembre de 1999 y costo- beneficio (B/C) = 1.23 (*ver tabla 4.5*).

Por último, para obtener datos energéticos más confiables y representativos de la transformación y demanda energética de los hospitales, es necesaria la instalación de equipo de medición en cada unidad de transformación y consumo de energía, tales como medidores de flujo, medidores de presión, medidores de tensión eléctrica, etc. Además de contar con bitácoras donde se registren las lecturas, tiempos, cargas de trabajo y resultados o productos.

TABLA A.1 Consumo anual de energéticos del conjunto del IMSS.

AÑO	DIESEL			ELECTRICIDAD			GAS LP			TOTAL
	LITROS	MJ	TJ	KWh	MJ	TJ	LITROS	MJ	TJ	TJ
93	792,873	28,581,935	28.58	2,169,800	7,811,280	7.81	19,746	695,711	0.70	37.09
94	795,056	28,660,629	28.66	2,265,600	8,156,160	8.16	20,967	738,730	0.74	37.56
95	611,751	22,052,746	22.05	2,070,000	7,452,000	7.45	16,593	584,621	0.58	30.09
96	524,544	18,909,059	18.91	1,821,120	6,556,032	6.56	17,660	622,215	0.62	26.09
97	557,980	20,114,379	20.11	1,787,520	6,435,072	6.44	16,784	591,351	0.59	27.14
98	590,550	21,288,481	21.29	1,935,960	6,969,456	6.97	17,439	614,428	0.61	28.87
99	648,046	23,361,129	23.36	2,049,720	7,378,992	7.38	10,636	374,738	0.37	31.11
	4,520,800	162,968,357	162.97	14,099,720	50,758,992	50.76	119,825	4,221,794	4.22	217.95
		23.28			7.25				0.60	31.14
		74.77%			23.29%					1.94%

FUENTE: Bitácoras de casa de máquinas.

KWh	MJ	LITRO DE DIESEL		MJ	LITRO DE GAS LP	MJ
1	3.6	1		36.04857	1	35.233

S. E. 1997, p.55

TABLA A.2 *Consumos históricos de electricidad y diesel (1993 - 1999) del conjunto del IMSS.*

		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL(kW)
<b>ENERGIA ELECTRICA (KWb)</b>	1993	98,400	182,400	162,000	186,000	200,400	210,000	213,600	195,800	183,600	184,800	181,200	171,600	2,169,800
	1994	157,200	153,600	207,600	176,400	212,400	225,600	188,400	194,400	204,000	200,400	186,000	159,600	2,265,600
	1995	153,600	156,000	159,600	163,200	210,000	214,800	176,400	186,000	182,400	165,600	154,800	147,600	2,070,000
	1996	145,200	144,000	150,000	146,400	172,800	172,800	169,200	160,800	151,200	148,800	132,000	127,920	1,821,120
	1997	137,400	123,360	130,560	141,480	163,320	178,680	168,720	164,400	157,200	150,000	133,200	139,200	1,787,520
	1998	140,400	126,000	141,600	152,400	180,000	196,800	184,800	181,200	170,400	165,360	153,960	143,040	1,935,960
	1999	149,160	135,480	160,680	176,040	193,200	194,520	179,640	193,560	178,800	177,360	154,560	156,720	2,049,720
	prom	140,194	145,834	158,863	163,131	190,303	199,029	182,966	182,309	175,371	170,331	156,531	149,383	2,014,246
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>DIESEL (LITROS)</b>	1993	69,355	72,165	74,170	71,136	58,213	61,425	64,187	57,077	62,485	69,385	72,986	60,289	792,873
	1994	64,425	64,119	76,536	60,625	60,621	77,343	56,015	74,542	68,461	62,757	61,477	68,135	795,056
	1995	65,580	60,250	55,605	48,000	44,830	53,109	45,615	46,343	41,977	43,873	46,308	60,261	611,751
	1996	51,188	46,467	48,533	39,870	39,412	35,872	37,340	39,200	35,800	46,700	54,922	49,240	524,544
	1997	65,710	50,050	46,740	50,600	40,680	36,700	42,540	38,960	38,000	42,374	42,726	62,900	557,980
	1998	76,150	61,800	50,390	42,860	39,500	34,000	39,200	42,600	43,500	51,300	51,600	57,650	590,550
	1999	67,250	45,074	53,026	48,596	52,400	54,700	55,720	54,780	51,200	53,400	48,900	63,000	648,046
	prom	65,665	57,132	57,857	51,670	47,951	50,450	48,660	50,500	48,775	52,827	54,131	60,211	645,829



TABLA A.3 Precio del diesel de 1997 a 1999 (base diciembre de 1999).

MES/ AÑO	1997			1998			1999		
	inflación (%)	costo (\$) (Mon. Corriente)	costo (\$N) (Mon. de dic. 1999)	inflación (%)	costo (\$) (Mon. Corriente)	costo (\$N) (Mon. de dic. 1999)	inflación (%)	costo (\$) (Mon. Corriente)	costo (\$N) (Mon. de dic. 1999)
ENERO	205.54	\$2.25	3.38	236.93	\$2.69	3.51	281.98	\$3.56	3.90
FEBRERO	209	\$2.28	3.37	241.08	\$2.71	3.47	285.77	\$3.59	3.88
MARZO	211.6	\$2.31	3.37	243.9	\$2.73	3.46	288.43	\$3.65	3.91
ABRIL	213.88	\$2.33	3.37	246.19	\$2.75	3.45	291.08	\$3.78	4.01
MAYO	215.83	\$2.36	3.38	248.15	\$2.76	3.44	292.83	\$3.71	3.91
JUNIO	217.75	\$2.39	3.39	251.08	\$2.78	3.42	294.75	\$3.74	3.92
JULIO	219.65	\$2.42	3.40	253.5	\$2.80	3.41	296.7	\$3.77	3.93
AGOSTO	221.6	\$2.45	3.42	255.94	\$2.82	3.40	298.37	\$3.81	3.94
SEPTIEMBRE	224.36	\$2.48	3.41	260.09	\$2.84	3.37	301.25	\$3.84	3.94
OCTUBRE	226.15	\$2.51	3.43	263.82	\$2.86	3.35	303.16	\$3.87	3.94
NOVIEMBRE	228.68	\$2.54	3.43	268.49	\$3.32	3.82	305.86	\$3.94	3.98
DICIEMBRE	231.89	\$2.57	3.42	275.04	\$3.35	3.76	<b>308.92</b>	\$3.97	3.97
Promedio			3.40			3.49			3.94

FUENTE: INEGI, 1997, 1998, 1999; IMSS ©, 1997, 1998, 1999

Tabla A.4 Precio de electricidad en la tarifa OM de 1996 a 1999 (base diciembre 1999)

O-M	índice	kWh		kW	
		corriente	Cte.	corriente	Cte.
Ene-96	162.56	0.151	0.29	26	48.84
Feb-96	166.35	0.1528	0.28	26	48.30
Mar-96	170.01	0.1547	0.28	26	47.83
Abr-96	174.85	0.1678	0.30	29	50.45
May-96	178.03	0.1698	0.29	29	50.15
Jun-96	180.93	0.1719	0.29	29	49.94
Jul-96	183.50	0.1739	0.29	30	49.83
Ago-96	185.94	0.176	0.29	30	49.76
Sep-96	188.92	0.1781	0.29	30	49.57
Oct-96	191.27	0.1803	0.29	31	49.54
Nov-96	194.17	0.1824	0.29	31	49.39
Dic-96	200.39	0.2874	0.44	40	61.59
Ene-97	205.54	0.3084	0.46	43	64.44
Feb-97	209.00	0.3208	0.47	45	65.92
Mar-97	211.60	0.3153	0.46	44	63.99
Abr-97	213.88	0.3075	0.44	43	61.76
May-97	215.83	0.2988	0.43	42	59.47
Jun-97	217.75	0.307	0.44	43	60.54
Jul-97	219.65	0.3123	0.44	43	61.07
Ago-97	221.60	0.315	0.44	44	61.04
Sep-97	224.36	0.3158	0.43	44	60.46
Oct-97	226.15	0.3234	0.44	45	61.41
Nov-97	228.68	0.3323	0.45	46	62.40
Dic-97	231.89	0.3389	0.45	47	62.76
Ene-98	236.93	0.3432	0.45	48	62.21
Feb-98	241.08	0.3348	0.43	47	59.64
Mar-98	243.90	0.3336	0.42	46	58.74
Abr-98	246.19	0.3365	0.42	47	58.71
May-98	248.15	0.3322	0.41	46	57.49
Jun-98	251.08	0.329	0.40	46	56.27
Jul-98	253.50	0.3339	0.41	46	56.57
Ago-98	255.94	0.34	0.41	47	57.05
Sep-98	260.09	0.3418	0.41	48	56.44
Oct-98	263.82	0.3413	0.40	47	55.56
Nov-98	268.49	0.3641	0.42	51	58.24
PROM.		0.2763	0.39	40	56.78

FUENTE: INEGI, 2000; CONAE, 2000

*Precio de electricidad en la tarifa OM de 1998 a 1999 (base diciembre 1999)*  
(continuación Tabla A.4)

H-M	indice	kWh						kW	
		base		intermedia		punta		corriente	Dic. 99
		corriente	Dic. 99	corriente	Dic. 99	corriente	Dic. 99		
Dic-98	275	\$0.26	0.29	\$0.31	0.35	\$0.99	1.12	53.8	60.41
Ene-99	282	0.258	0.28	0.311	0.34	0.99553	1.09	53.8	58.96
Feb-99	286	0.255	0.28	0.307	0.33	0.98388	1.06	53.2	57.50
Mar-99	288	0.256	0.27	0.308	0.33	0.98565	1.06	53.3	57.07
Abr-99	291	0.255	0.27	0.307	0.33	0.98171	1.04	53.1	56.32
May-99	293	0.254	0.27	0.306	0.32	0.97984	1.03	53	55.88
Jun-99	295	0.26	0.27	0.312	0.33	1.00022	1.05	54.1	56.67
Jul-99	297	0.265	0.28	0.319	0.33	1.02112	1.06	55.2	57.48
Ago-99	298	0.271	0.28	0.327	0.34	1.04532	1.08	56.5	58.51
Sep-99	301	0.277	0.28	0.334	0.34	1.06874	1.10	57.8	59.25
Oct-99	303	0.288	0.29	0.347	0.35	1.11096	1.13	60.1	61.20
Nov-99	306	0.29	0.29	0.35	0.35	1.11929	1.13	60.5	61.11
Dic-99	<b>309</b>	0.298	0.30	0.359	0.36	1.14962	1.15	62.1	62.15
Ene-00	313	0.299	0.29	0.36	0.36	1.1518	1.14	62.3	61.44
Feb-00	316	0.291	0.29	0.351	0.34	1.12301	1.10	60.7	59.38
Mar-00	318	0.295	0.29	0.355	0.35	1.13694	1.11	61.5	59.78
Abr-00	319	0.302	0.29	0.364	0.35	1.16423	1.13	62.9	60.87
May-00	321	0.313	0.30	0.376	0.36	1.20428	1.16	65.102	62.67
Jun-00	323	0.316	0.30	0.38	0.36	1.21717	1.16	65.8	62.93
PROM.			0.29		0.34		1.10		59.45
Factor respecto a la base					1.2		3.85		

FUENTE: INEGI, 2000; CONAE, 2000

TABLA A.5 Facturación eléctrica del conjunto del IMSS (1996 - 1999).

TARIFA: OM													
MES	PERIODO	COSTO TOTAL	KWH				KVARH Consumo	KW		Costo unitario	F.P		FC
			Consumo	Costo unitario	Costo de energía	Costo unitario		Máxima	Costo		(%)	bonificación	
ENERO 96		\$46,110	147,600	\$0.312	\$24,252	\$0.164	21,600	336	\$10,391	30.93	98.30%	\$873	57.04%
FEBRERO 96		\$46,110	138,000	\$0.334	\$24,252	\$0.176	21,600	360	\$10,391	28.86	98.80%	\$873	57.04%
MARZO 96		\$46,110	144,000	\$0.320	\$25,609	\$0.178	30,000	360	\$10,193	28.31	97.90%	\$818	57.47%
ABRIL 96		\$55,806	162,000	\$0.344	\$31,138	\$0.192	43,200	348	\$12,853	36.93	96.62%	\$839	57.05%
MAYO 96		\$61,624	181,200	\$0.340	\$35,424	\$0.195	57,600	360	\$10,925	30.35	95.30%	\$66	57.05%
JUNIO 96		\$57,636	162,000	\$0.356	\$43,528	\$0.269	55,200	360	\$11,293	31.37	94.66%	\$67	57.05%
JULIO 96		\$62,294	171,600	\$0.363	\$34,333	\$0.200	55,200	360	\$12,257	34.05	96.65%	\$67	64.07%
AGOSTO 96	0208-0309	\$63,339	168,000	\$0.377	\$34,028	\$0.203	36,000	348	\$12,408	35.66	97.78%	\$112	62.86%
SEPTIEMBRE 96	0309-0210	\$59,023	152,400	\$0.387	\$31,227	\$0.205	43,200	360	\$12,122	33.67	96.21%	\$834	60.82%
OCTUBRE 96	0210-0111	\$57,633	152,400	\$0.378	\$31,227	\$0.205	43,200	372	\$12,122	32.59	98.66%	\$834	55.06%
NOVIEMBRE 96	0111-0212	\$56,279	147,600	\$0.381	\$32,111	\$0.218	20,400	372	\$13,940	37.47	99.06%	\$1,152	53.33%
DICIEMBRE 96	0212-0201	\$57,482	133,200	\$0.432	\$44,223	\$0.332	19,200	314	\$14,493	46.16	98.98%	\$1,174	57.02%
TOTAL 96		\$669,446	1,860,000	\$0.360	\$391,352	\$2.536	446,400	4250	\$143,388	\$375	1168.92%	\$7,708	695.86%
promedio 96		\$55,787.17	155,000	\$0.360	\$32,612.67	\$0.21	\$37,200.00	\$354	\$11,949	\$31.28	97.41%	\$642	57.99%
ENERO 97	0201-0302	\$63,919	145,200	\$0.440	\$51,691	\$0.356	21,600	266	\$13,731	51.62	98.91%	\$1,308	71.08%
FEBRERO 97	0302-0603	\$66,773	139,200	\$0.480	\$51,180	\$0.368	18,000	309	\$17,163	55.54	99.17%	\$1,366	60.55%
MARZO 97	0603-0704	\$66,001	142,800	\$0.462	\$65,998	\$0.462	42,800	308	\$9,890	32.11	99.00%		60.37%
ABRIL 97	0704-0705	\$66,829	144,000	\$0.464	\$50,591	\$0.351	31,200	363	\$17,599	48.48	97.73%	\$1,185	55.10%
MAYO 97	0705-0606	\$75,021	164,400	\$0.456	\$56,805	\$0.346	58,800	407	\$19,048	46.80	94.16%	\$725	56.10%
JUNIO 97	0606-0307	\$72,445	159,600	\$0.454	\$56,450	\$0.354	57,600	381	\$16,799	44.09	94.06%	\$700	64.64%
JULIO 97	0307-0508	\$83,388	177,600	\$0.470	\$63,867	\$0.360	68,400	381	\$20,276	53.22	93.32%	\$658	58.86%
AGOSTO 97	0508-0509	\$78,196	165,600	\$0.472	\$60,007	\$0.362	51,600	381	\$19,298	50.65	95.47%	\$965	58.42%
SEPTIEMBRE 97	0509-0710	\$79,528	166,800	\$0.477	\$60,899	\$0.365	60,000	363	\$19,512	53.75	94.10%	\$769	59.83%
OCTUBRE 97	0710-0611	\$69,633	141,600	\$0.492	\$52,945	\$0.374	25,200	359	\$18,181	50.64	98.45%	\$1,298	54.78%
NOVIEMBRE 97	0611-0912	\$73,221	147,600	\$0.496	\$56,702	\$0.384	24,000	312	\$18,166	58.22	98.70%	\$1,432	59.73%
DICIEMBRE 97	0912-0801	\$66,609	132,000	\$0.505				303			95.54%		
TOTAL 97		\$861,563	1,826,400	\$0.472	\$627,135	\$4.082	459,200	4133	\$189,663	\$45.14	1158.61%	\$10,406	659.46%
promedio 97		\$71,797	152,200	\$0.472	\$57,012	\$0.371	41,745	344	\$17,242	49.56	96.55%	\$946	0.60

*Facturación eléctrica del conjunto del IMSS (1996 - 1999) (Continuación tabla A.5).*

MES	PERIODO	COSTO TOTAL	KWH				KVARH	KW			F.P		FC
			Consumo	Unitario	Energía	Unitario	Consumo	Máxima	Costo	Unitario	(%)	Bonificación	
ENERO 98	0801-1002	\$75,629	150,000	\$0.504	\$58,756	\$0.392	48,000	300	\$17,946	59.82	95.24%	\$933	63.13%
FEBRERO 98	1002-0603	\$54,572	109,200	\$0.500	\$36,526	\$0.334	36,000	297	\$11,553	38.90	94.97%	\$625	63.83%
MARZO 98	0603-0704	\$74,316	147,600	\$0.503	\$49,331	\$0.334	36,000	341	\$16,476	48.32	97.15%	\$1,184	56.36%
ABRIL 98	0704-0705	\$80,310	157,200	\$0.511	\$52,741	\$0.336	56,400	386	\$17,871	46.30	94.13%	\$777	56.56%
MAYO 98	0705-0506	\$85,503	174,000	\$0.491	\$57,698	\$0.332	70,800	396	\$17,176	43.37	92.63%	\$524	63.13%
JUNIO 98	0506-0707	\$100,499	206,400	\$0.487	\$68,119	\$0.330	93,600	402	\$19,533	48.59	91.07%	\$263	66.85%
JULIO 98	0707-0608	\$86,691	177,600	\$0.488	\$59,514	\$0.335	58,800	374	\$16,861	45.08	94.93%	\$992	70.66%
AGOSTO 98	0608-0909	\$99,061	198,000	\$0.500	\$67,084	\$0.339	62,400	381	\$19,954	52.37	95.38%	\$1,223	63.69%
SEPTIEMBRE 98	0909-3009	\$61,181	121,440	\$0.504	\$41,504	\$0.342	35,760	376	\$12,506	33.26	95.96%	\$810	63.69%
OCTUBRE 98	3009-3110	\$82,000	165,360	\$0.496	\$54,557	\$0.330	36,120	375	\$18,022	48.06	95.96%	\$1,269	63.69%
NOVIEMBRE 98	3110-3011	\$85,752	154,080	\$0.557	\$56,093	\$0.364	39,240	392	\$19,841	50.61	96.91%	\$1,366	63.69%
DICIEMBRE 98	3011-3112	\$86,242	143,280	\$0.602	\$58,021	\$0.405	29,160	344	\$18,502	53.79	97.99%	\$1,530	55.98%
TOTAL 98		\$971,756	1,904,160	\$2.510	\$659,945	\$1.728	602,280	4364	\$206,241	\$236.706	1142.32%	\$11,496	751.26%
PROMEDIO 98		\$194,351	380,832	0.502	\$131,989	\$0.346	120,456	623	\$41,248	\$59.18	95.19%	\$2,874	62.61%
ENERO 99	3112-3101	\$85,000	146,760	\$0.579	\$67,230	\$0.458	31,680	315	\$19,495	61.89	97.75%	\$1,508	62.65%
FEBRERO 99	3101-2802	\$80,748	137,400	\$0.588	\$62,554	\$0.455	32,880	351	\$19,756	56.28	97.25%	\$1,359	58.25%
MARZO 99	0228-0331	\$99,062	166,320	\$0.596	\$78,368	\$0.471	47,520	368	\$22,304	60.61	96.15%	\$1,400	60.75%
ABRIL 99	0331-0430	\$99,062	166,320	\$0.596	\$78,369	\$0.471	47,520	368	\$22,305	60.61	96.15%	\$1,400	60.75%
MAYO 99	0430-0531	\$96,433	192,480	\$0.501	\$73,855	\$0.384	74,640	401	\$26,902	67.09	93.24%	\$761	64.52%
JUNIO 99	0531-0630	\$100,231	194,640	\$0.515	\$77,658	\$0.399	77,400	413	\$23,381	56.61	92.92%	\$702	65.46%
JULIO 99	0630-0731	\$94,254	179,520	\$0.525	\$72,639	\$0.405	64,320	387	\$22,663	58.56	94.14%	\$911	62.35%
AGOSTO 99	0731-0831	\$102,999	192,600	\$0.535	\$80,019	\$0.415	73,080	368	\$23,915	64.99	93.50%	\$813	64.72%
SEPTIEMBRE 99	0831-0930	\$98,887	178,560	\$0.554	\$74,869	\$0.419	67,560	375	\$24,916	66.44	96.53%	\$780	62.63%
OCTUBRE 99	0930-1031	\$100,998	178,080	\$0.567	\$77,562	\$0.436	65,500	365	\$24,566	67.30	96.53%	\$983	62.63%
NOVIEMBRE 99	1031-1130	\$104,023	158,720	\$0.655	\$81,043	\$0.511	45,960	353	\$24,563	69.58	95.81%	\$1,337	60.43%
DICIEMBRE 99	1130-1231	\$104,253	155,640	\$0.670	\$82,506	\$0.530	45,480	345	\$23,442	67.95	95.99%	\$1,474	60.64%
TOTAL 99		\$1,165,950	2,047,040	\$2.859	\$906,673	\$5.354	673,540	4409	\$278,208	\$757.918	1145.96%	\$13,428	745.78%
PROMEDIO 99		\$97,163	170,587	\$0.24	\$75,556.08	\$0.45	56,128	367	\$23,183.96	\$63.16	95.50%	\$1,119	62.15%

FUENTE: Facturación eléctrica (CFE)

TABLA A.6 Facturación eléctrica (tarifa H-M) del conjunto del IMSS (1998 - 1999).

TARIFA:		HM																	
MES	PERIODO	COSTO	CONSUMO (KWH)				COSTO UNITARIO			KVARH	DEMANDA (KW)						F.P		FC
			TOTAL	PUNTA	INTER	BASE	TOTAL	kWh	kW		TOTAL	CONSUMO	PUNTA	INTER	BASE	TOTAL	COSTO	C.UNIT.	
Dic-98	1130-1231	86242	22380	87120	33840	143,340	\$0.602	\$66,724	\$0.465	29,160	344	338	213	344	\$21,277	\$61.85	97.99%	\$1,530	55.98%
Ene-99	3112-3101	\$85,000	21,840	84,600	40,320	146,760	\$0.579	\$67,230	\$0.458	31,680	315	293	220	315	\$19,495	\$61.89	97.75%	\$1,508	62.65%
Feb-99	3101-2802	\$80,748	20,760	80,520	36,120	137,400	\$0.588	\$62,554	\$0.455	32,880	311	351	224	351	\$19,756	\$56.28	97.25%	\$1,359	58.25%
Mar-99	0228-0331	\$99,062	27,960	99,720	38,640	166,320	\$0.596	\$78,368	\$0.471	47,520	362	368	286	368	\$22,304	\$60.61	96.15%	\$1,400	60.75%
Abr-99	0331-0430	\$99,063	27,960	99,720	38,640	166,320	\$0.596	\$78,368	\$0.471	47,520	362	368	286	368	\$22,304	\$60.61	96.15%	\$1,401	60.75%
May-99	0430-0531	\$96,433	11,880	128,520	52,080	192,480	\$0.501	\$73,855	\$0.384	74,640	378	401	341	401	\$26,902	\$67.09	93.24%	\$761	64.52%
Jun-99	0531-0630	\$100,231	13,440	133,320	47,880	194,640	\$0.515	\$77,658	\$0.399	77,400	357	413	293	413	\$23,381	\$56.61	92.92%	\$702	65.46%
Jul-99	0630-0731	\$94,254	11,640	125,760	42,120	179,520	\$0.525	\$72,639	\$0.405	64,320	344	387	285	387	\$22,663	\$58.56	94.14%	\$911	62.35%
Ago-99	0731-0831	\$102,999	12,960	132,120	47,520	192,600	\$0.535	\$80,019	\$0.415	73,080	353	400	315	368	\$23,915	\$64.99	93.50%	\$813	64.72%
Sep-99	0831-0930	\$98,887	11,040	121,080	46,440	178,560	\$0.554	\$74,869	\$0.419	67,560	365	396	304	375	\$24,916	\$66.44	96.53%	\$780	62.63%
Oct-99	0930-1031	\$100,998	10,800	122,880	44,400	178,080	\$0.567	\$77,562	\$0.436	67,560	365	396	304	365	\$24,566	\$67.30	96.53%	\$983	62.63%
Nov-99	1031-1130	\$104,023	24,720	90,120	43,880	158,720	\$0.655	\$81,043	\$0.511	45,960	353	345	248	353	\$24,563	\$69.58	95.81%	\$1,337	60.43%
Dic-99	1130-1231	\$104,253	23,160	92,040	40,440	155,640	\$0.670	\$82,506	\$0.530	45,480	320	345	226	345	\$23,442	\$67.95	95.99%	\$1,474	60.64%
<b>TOTAL</b>		<b>\$1,165,951</b>	<b>\$218,160</b>	<b>\$1,310,400</b>	<b>\$518,480</b>	<b>\$2,047,040</b>	<b>\$6.880</b>	<b>\$906,672</b>	<b>\$5.354</b>	<b>675,600</b>	<b>4,185</b>	<b>4,463</b>	<b>3,332</b>	<b>4,409</b>	<b>\$278,207</b>	<b>\$757.92</b>	<b>1145.96%</b>	<b>\$13,429</b>	<b>685.14%</b>
<b>PROMEDIO 99</b>		<b>\$97,163</b>	<b>18,180</b>	<b>109,200</b>	<b>43,207</b>	<b>170,587</b>	<b>\$0.57</b>	<b>75,556</b>	<b>\$0.45</b>	<b>56,300</b>	<b>349</b>	<b>372</b>	<b>278</b>	<b>367</b>	<b>\$23,184</b>	<b>\$63.16</b>	<b>95.50%</b>	<b>\$1,119</b>	<b>57.10%</b>

FUENTE: Facturación eléctrica (CFE)

Tabla A.7 Parámetros obtenidos del transformador eléctrico del HGZ (18-27 feb. 2000)

FECHA HORA	TENSIÓN				CORRIENTE				POTENCIA ACTIVA				POTENCIA REACTIVA				ENERGÍA		TOTAL P.R.		P.C.	
	V1	V2	V3	Prom	A1	A2	A3	Prom	kW1	kW2	kW3	Prom	kvar1	kvar2	kvar3	Prom	fp	Wh	Varth	Varch	Hz	
18/2/00 19:50	129	129	130	129	565	547	636	582	67	66	75	208	27	25	34	86	92	1034,94	504,414	0	600	
18/2/00 20:10	129	129	130	129	514	492	600	535	60	59	71	190	26	22	33	81	91	1098,05	531,655	0	600	
18/2/00 20:30	129	130	131	130	496	469	589	518	57	56	69	182	28	23	34	85	90	1158,53	560,053	0	600	
18/2/00 20:50	130	130	131	130	481	457	576	504	55	55	67	177	27	23	34	84	90	1217,31	588,161	0	600	
18/2/00 21:10	130	130	131	130	457	439	555	483	52	52	64	168	28	23	34	85	89	1273,08	616,478	0	600	
18/2/00 21:30	130	131	132	131	409	400	508	439	47	48	59	154	24	20	31	75	89	1324,14	641,384	0	600	
18/2/00 21:50	130	130	131	130	411	408	514	444	47	49	60	156	24	21	31	76	89	1375,72	666,892	0	600	
18/2/00 22:10	131	131	132	131	403	399	504	435	47	48	59	154	24	20	31	75	89	1426,54	691,894	0	600	
18/2/00 22:30	131	131	132	131	408	390	497	431	47	47	58	152	24	20	30	74	89	1476,97	716,877	0	600	
18/2/00 22:50	131	132	133	132	373	364	472	403	43	44	56	143	21	17	28	66	90	1524,54	739,114	0	600	
18/2/00 23:10	131	132	133	132	369	366	467	400	43	45	56	144	21	17	27	65	91	1572,20	760,960	0	600	
18/2/00 23:30	132	132	133	132	370	364	477	403	43	45	56	144	21	17	28	66	90	1620,06	783,186	0	600	
18/2/00 23:50	132	132	133	132	360	354	459	391	43	44	55	142	20	16	26	62	91	1666,76	803,866	0	600	
19/2/00 0:10	132	133	133	132	357	341	453	383	42	42	54	138	20	15	26	61	91	1712,90	824,110	0	600	
19/2/00 0:30	132	133	133	132	345	339	444	376	41	42	54	137	18	15	25	58	92	1758,38	843,558	0	600	
19/2/00 0:50	132	133	133	132	344	321	448	371	41	40	54	135	19	14	25	58	91	1803,23	863,223	0	600	
19/2/00 1:10	132	133	133	132	334	305	427	355	40	38	51	129	18	13	24	55	91	1846,11	881,841	0	600	
19/2/00 1:30	132	133	133	132	332	306	424	354	40	38	51	129	18	13	24	55	91	1888,83	900,393	0	600	
19/2/00 1:50	133	134	134	133	297	280	379	318	36	35	46	117	15	11	20	46	92	1927,91	916,261	0	600	
19/2/00 2:10	133	134	134	133	248	231	344	274	30	30	43	103	11	7	17	35	93	1962,43	928,543	0	600	
19/2/00 2:30	133	134	135	134	233	222	329	261	29	29	41	99	10	5	16	31	95	1995,93	939,483	0	601	
19/2/00 2:50	133	134	135	134	240	223	332	265	30	29	41	100	11	6	16	33	94	2029,66	951,026	0	600	
19/2/00 3:10	134	134	135	134	224	217	317	252	28	28	40	96	9	6	15	30	95	2062,12	961,552	0	600	
19/2/00 3:30	133	134	134	133	221	215	318	251	28	28	40	96	9	5	15	29	95	2094,48	971,598	0	600	
19/2/00 3:50	133	134	134	133	222	215	326	254	28	28	41	97	9	5	16	30	95	2127,02	982,032	0	600	
19/2/00 4:10	133	134	134	133	231	217	318	255	29	28	40	97	10	6	15	31	95	2159,68	992,818	0	600	

FUENTE: Mediciones hechas por el Ing. Alfredo Araiza

Tabla A.8 Cargas de vapor en los autoclaves del HGZ

		Ene-99	Feb-99	Mar-99	Abr-99	May-99	Jun-99	Jul-99	Ago-99	Sep-99	Oct-99	Nov-99	Dic-99	Ene-00	Feb-00	Mar-00
CEYE*	mat.	380	490	589	489	490	568	486	250	65	36	102	<b>102</b>	136	<b>136</b>	<b>136</b>
	vesp	204	99	200	176	189	152	153	190	<b>189</b>	210	183	161	145	156	154
	noct.	60	71	79	66	80	84	90	<b>84</b>	<b>88</b>	80	86	<b>80</b>	90	94	96
SUBCEYE*	mat.	97	98	110	179	114	120	97	120	124	<b>120</b>	<b>124</b>	<b>130</b>	150	130	<b>130</b>
	vesp	95	91	57	86	68	29	19	100	<b>91</b>	<b>86</b>	<b>68</b>	<b>69</b>	80	92	90
	noct.	52	55	52	67	66	69	73	65	64	60	63	60	74	75	49
Laboratorio**		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Banco de leche**		140	130	125	135	140	135	125	130	130	130	130	130	140	130	125
TOTAL		1068	1074	1252	1238	1187	1197	1083	979	791	762	796	772	855	853	820

FUENTE: \*Productividad anual de los servicios de enfermería por turno; \*\*Comunicación directa con el personal operativo de las áreas.



Tabla A.9 Estimación de cargas térmicas del conjunto del IMSS.

		flujo (lpm)	t (min./d)			flujo (lpd)	flujo (lpa)
Caldera 2	vapor	35.31	208.16			7350 365	<u>2682797</u>
Caldera 3	vapor	158.6	108.3			17176 365	<u>6269379</u>
Caldera 2	purgas	35.31	12			424 365	<u>154658</u>
Caldera 3	purgas	158.6	9			1427 365	<u>521001</u>
agua albercas		41.24	480			19795 144	<u>2850509</u>
cocción		6.5	600			3900 365	<u>1423500</u>
agua sanitaria		40	1440			57600 365	<u>21024000</u>
lavacomodos**		0.1767	1440			254 365	<u>92856</u>
	$\phi$ alim.	presión	Factor	flujo	tiempo	flujo	cargas
	(mm)	(kg/cm <sup>2</sup> )	K	(lph)*	(min/carga)	(l/carga)	por día
Lavandería	24.5	4.5	0.45	1072	10	178.66 27	4824 365
Agua sanitaria para lavandería							12112 365
	$\phi$ alim.	presión	Factor	flujo	manejadoras	tiempo	
	(mm)	(kg/cm <sup>2</sup> )	K	(lph)*		(h/d)	
calefacción	18.375	2	0.45	215	7	10	15041 120
	$\phi$ (l/carga)	cargas (c/d)					
esterilizar	7	72					504 365

Datos obtenidos con el equipo de medición portátil (medidor de flujo ultrasónico)

\*Formula de calculo del caudal de vapor que sale por un orificio. [CADEM, 1983, p. 357]

\*\*Dato propuesto por la norma ND-01-IMSS-HSE-1997 (cap. 9, pp. 6) marca para diferente número de equipos. El flujo promedio del flujo de vapor para 7 lava cómodos.

Datos obtenidos condensando la salida de vapor en un recipiente que contiene agua helada. Al final se mide el total de agua y se resta el contenido inicial.

$\phi$  = Flujo

lpm = litros por minuto      Lpd = litros por día      Lpa = litros por año

Tabla A.10 Estimación de los Flujos Térmicos del conjunto del IMSS.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cp=	4.185						Qtot (kJ)		
AREA	(Ipa)	RANGO DE T	DT (°C.)	Hfg (kJ/kg)*	Qcal (kJ)	Qhf (kJ)	(TJ)	KW-año	CP
vapor	8952176	60-155.4	125.4	1677.92	5E+09	1.5E+10	19.719	625.29	172
purgas	675659	155.4-45	110.4	1677.92	3E+08	1.1E+09	1.4459	45.848	0.4153
agua albercas	2850509	25-28	3	1677.92	0	4.8E+09	4.7829	151.67	50.555
cocción	1423500	30-100	70	1321.14	0	1.9E+09	1.8806	59.635	0.8519
agua sanitaria	16603120	25-60	35		2E+09	0	2.4319	77.116	2.2033
lava cómodos**	92856	21-121	100	1677.92	0	1.6E+08	0.1558	4.9405	0.0494
Lavandería	1760720	55-85	30	1258.44	2E+08	2.2E+09	2.4368	77.271	2.5757
AS lavandería	4420880	25-55	30		6E+08	0	0.555	17.6	0.5867
calefacción	1804935	18-25	7	1761.52	0	3.2E+09	3.1794	100.82	14.403
esterilizar	183960	30-121	91	1761.52	7E+07	3.2E+08	0.3941	12.497	0.1373
agua de rep.	1790435	30-60	30		2E+08	0	0.2248	7.128	0.2376
pérdidas							3.6776	116.62	
							subtotal	16 042	508.67
<b>CORRIENTES CALIENTES DE RECUPERACIÓN POTENCIAL</b>									
aguas jab.	2210440	85-40	45		4E+08	0	0.4163	13.2	0.2933
Condensados**	18145651	80-40	40		3E+09	0	3.0376	96.321	2.408
purgas***	337829	155.4-40	115.4	1573.05	2E+08	5.3E+08	0.6946	22.025	0.1909
fugas medidas	2157	155.4-40	115.4	1100.95	1E+06	2374749	0.0034	0.1083	0.0009
Gases de comb.	14061542	220-150	70	51.48		7.2E+08	0.7239	22.954	0.3279
							4.8757	154.61	

\* Suponiendo una calidad de promedio de generación del 80%

\*\*Recuperando el 80% de condensados, únicamente se repondrá el 20% de agua a la caldera, con un ahorro de agua de 7,162 m<sup>3</sup> y 28.5 kWt

\*\*\*Reduciendo las pérdidas en un 50%, se logran ahorros de energía de 45 kW

	Litros	CPI(MJ/Kg)	Total	Qtot (kW)
consumo de diesel	648,046	36.04	23355578	740.6
			Eficiencia =	0.8443

FUENTE: Cálculos propios

Tabla A.11 Raciones alimenticias servidas en el área de Dietología del hospital del conjunto del IMSS.

año	Mes												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
97	15126	19299	17955	18461	17132	18886	17436	18454	18504	18006	16921	20978	18097
98	15259	18951	16173	18203	16726	17762	17520	17207	18075	16859	17927	17738	17367
99	17304	16751	16885	18198	17469	19297	18900	17609	17430	17400	17926	16749	17660
Prom.	15896	18334	17004	18287	17109	18648	17952	17757	18003	17422	17591	18488	17708

FUENTE: Información mensual del área de Dietología.

Tabla A.12 Cargas por máquina en la lavandería regional.

Máquina	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lav. de 75 kgs.	129	145	163	181	193	203	214	170	224	236	234	192
Lav. de 95 kgs.	263	242	275	247	270	248	280	260	249	262	229	256
Lav. de 150 kgs.	264	249	259	255	267	271	283	288	246	261	248	251
<b>Total</b>	<b>656</b>	<b>636</b>	<b>697</b>	<b>683</b>	<b>730</b>	<b>722</b>	<b>777</b>	<b>718</b>	<b>719</b>	<b>759</b>	<b>711</b>	<b>699</b>

FUENTE: Reporte diario de lavado e información mensual de lavandería.

Tabla A.13 Cálculo del consumo diario de agua en la lavandería regional.

Lavadora	Cargas	Capacidad	Ciclos de agua		Consumo de agua			
			Fría	Caliente	Fría	Caliente	Vapor	Total
De 75 kgs.	7	324	4	2	9072	2268	1250.62	12590.62
De 105 kgs.	9	360	4	2	12960	3240	1607.94	17807.94
De 160 kgs.	6	684	4	2	16416	4104	1071.96	21591.96
De 200 kgs.	5	500	4	2	10000	2500	893.3	13393.3
Total					48448	12112	4823.82	65383.82

El consumo de vapor se calculó con la fórmula  $Q=kd2*(p*(p+1))exp(1/2)$

[CADEM, 1983, pp.357]

FUENTE: Reporte diario de lavado, cálculos propios.

Tabla A.14 Datos medidos en el intercambiador de calor de albercas del conjunto del IMSS

En línea de condensados.			En la línea de agua de albercas		
Lectura	Flujo (LPM)	Tiempo (M)	Lectura	Flujo (LPM)	Tiempo (M)
1093.77			128086		
1114.99	21.22	0.5	129793	1707	1
1133.85	18.86	0.5	131705	1912	1
1150.98	17.13	0.5	133627	1922	1
1170.11	19.13	0.5	135551	1924	1
1190.97	20.86	0.5	137465	1914	1
1213.7	22.73	0.5	139408	1943	1
1238.15	24.45	0.5	141340	1932	1
	20.626	0.5	143312	1972	1
			145241	1929	1
			147171	1930	1
	41.251			1908.5	

FUENTE: Mediciones propias.

*Tabla A.15 Niveles de iluminación para hospitales*

ÁREA	ILUMINACIÓN (lux)
Pasillos durante la noche.	30
Pasillos durante el día.	250
Lavabos, locales de limpieza.	120 a 250
<b>Habitaciones de camas de enfermos.</b>	
Iluminación general.	80 a 120
Lectura.	200
Reconocimiento simple.	250
Orientación (nocturno).	5
Orientación en las salas de lactantes.	20
Habitaciones de servicio del personal médico.	250
Salas de reconocimiento, iluminación general.	500
Salas de iluminación localizada.	1000
<b>Salas de operación y autopsia.</b>	
Iluminación general.	1000
Iluminación de puesto de trabajo.	>5000
Zona de operación.	20000 a 100000
Zona adyacente.	hasta 10000
<b>FUENTE: J. J. González, 1999, pp.4</b>	

Tabla A.16 Concentrado de la electricidad utilizada en el HGZ para iluminación.

PROPUESTA DE ILUMINACIÓN								
Edificio	No. de Gabinetes	Potencia Total Watts	Demanda Promedio Anual kWh/año	Ahorro en Demanda kWh/año	Uso Propuesto de Energía kWh/año	Energía Ahorrada kWh/año	Demanda De Potencia Eléctrica Total	Energía Eléctrica Total
2° de trauma	53	1767	21.19	4.88	8898.3	2140.4	26.07	11038.6
Alojamiento conjunto	17	1037	12.44	0	8959.7	0	12.44	8959.68
Archivo	20	1220	14.64	0	10541	0	14.64	10540.8
CEYE	20	1146	13.74	0.53	9901.4	380.16	14.27	10281.6
Cir. Ambulatoria	50	2994	35.88	2.24	25868	1615.7	38.12	27483.8
Cirugía	121	5072	60.69	14.95	26748	5948.6	75.64	32696.3
Conmutador	6	320	3.84	1.53	2764.8	1105.9	5.37	3870.72
Conservación	80	3716	44.57	9.44	15248	2801.5	54.01	18049.4
Consulta	266	11869	142.3	31.06	102548	22343	173.4	124891
Dietología	76	3708	44.48	7.6	32037	5469.1	52.08	37506.2
Ginecología	193	6259	75.07	31.72	39909	9892.1	106.8	49800.6
Laboratorio	57	4487	53.82	14.64	38768	10549	68.46	49317.1
Patología	31	2155	25.84	5.62	11565	2609.3	31.46	14173.9
Personal	17	1081	12.96	0.83	5360.4	347.76	13.79	5708.16
Preventiva	47	2599	31.16	9.52	22455	6834.2	40.68	29289.6
Quirófano	44	2728	32.73	5.21	23570	3741.1	37.94	27311
Rayos X	92	2985	35.8	14.33	25790	10316	50.13	36106.6
Servicios Generales	26	1176	14.11	1.68	9223.6	1209.6	15.79	10433.2
Terapia	57	1999	23.9	12.97	17271	9296.6	36.87	26568
Toco cirugía	107	5629	67.54	18.73	48635	13478	86.27	62113
Torre Hospital	321	12730	152.4	54.16	66844	21069	206.6	87912.4
Trabajo Social	10	472	5.65	2.16	2126.9	777.6	7.81	2904.48
Trauma	42	508	6.01	8.4	2194.6	2993.8	14.41	5188.32
Unidad de Gobierno	80	4642	55.69	5.47	24466	1362.8	61.16	25828.6
Urgencias	117	6866	82.39	16.66	59322	12036	99.05	71357.8
Vestíbulo	22	1256	15.07	2.21	10852	1589.8	17.28	12441.6
<b>Total</b>	<b>1972</b>	<b>90421</b>	<b>1084</b>	<b>276.54</b>	<b>651865</b>	<b>149907</b>	<b>1360</b>	<b>801773</b>
<b>% ahorro</b>				<b>20.33%</b>		<b>18.70%</b>		

FUENTE: Datos propios.

Tabla A.17 Códigos, especificaciones y concentrado de gabinetes utilizados en el HGZ del conjunto del IMSS.

## Códigos y especificaciones de gabinetes y lámparas

<b>ILUMINACION FLUORESCENTE</b>													
Código del balastro	Lámparas por Gabinete	Potencia de las Lámparas (Watts)	Tipo de Lámpara	Balastos por Gabinete	Tipo de balastos	Potencia del Gabinete (Watts)	Lúmenes de salida	CRI	Tiempo de vida (hrs.)	Código Posible Reemplazo	Cantidad	Horas/año	kWh/año
2	4	34	T12	2	Magnético/aluminio	156	11,150	65	20,000	17,18	30	3E+05	64696.3
5	2	40	T12	1	Magnético/aluminio	90	6,080	65	20,000	6,19,20	8	61200	7840.8
6	2	34	T12	1	Magnético/aluminio	78	5,580	65	20,000	19,20	61	5E+05	76725.8
8	1	34	T12	1	Magnético/aluminio	45	2,790	65	20,000	20	23	2E+05	61948.8
10	4	34	T12	2	Magnético/cobre	144	11,150	65	20,000	17,18	2	8640	8087.04
13	2	40	T12	1	Magnético/cobre	83	6,080	65	20,000	14,19,20	1	8640	1434.24
15	1	40	T12	1	Magnético/cobre	49	3,040	65	20,000	16,20	3	25920	4656.96
19	2	32	T8	1	Electrónico	61	6,400	80	20,000	none	333	2E+06	352645
20	1	32	T8	1	Electrónico	35	3,200	80	20,000	none	11	87840	15472.8
21	2	75	T12	1	Magnético/aluminio	174	12,200	65	12,000	22,33,34	10	73536	31261.5
22	2	60	T12	1	Magnético/aluminio	139	10,800	65	12,000	34	24	2E+05	72351.2
<b>ILUMINACION INCANDESCENTE</b>													
39	1	40			0 Incandescente	40	480	100	1,000	40	1	8640	1036.8
42	1	15			1 Fluorescente Comp.	15	900	80	10,000	none	204	8E+05	23096
43	1	75			0 Incandescente	75	1,170	100	1,000	44	86	4E+05	42008.4
<b>ILUMINACIÓN DE ALTA DESCARGA</b>													
64	1	250			1 Luz Mixta	250	5,600	60	6,000	none	1	4320	1080
<b>LÁMPARAS DE SEÑALIZACIÓN</b>													
75	2	20			Incandescente.	40	600		2,000	77, 78	98	5E+05	36247.7
76	1	20			Incandescente.	20	600		2,000	77, 78	7	21960	1095.84
78	1	5			1 Fluorescente Comp.	7	600		10,000	77	40	2E+05	1246.68
<b>Total</b>											943	5,449,392	802,932

FUENTE: Herramienta de cálculo utilizada por el Área de Ingeniería en Recursos Energéticos de la UAM.

Tabla A.18 Principales Motores del hospital del conjunto del IMSS.

SITE VISIT CURRENT INFORMATION FOR MOTORS: COPY AND PASTE SPECIAL IN WORD SHEET															
Equipo Operado	Tamaño motor (hp)	No. de Motores	Velocidad (RPM)	Voltaje (Volts)	Corriente (Amp.)	Fp (%)	Efic. (%)	Tiempo Uso (h/año)	LF	UF	CF	DUF	Demanda Promedio Anual (kW/año)	Uso Promedio de Energía (kWh/año)	Uso Total de Energía kWh/año
Bomba No. 4, Hidroneumático	7.5	1	3,575	223	26	86	0.808	6,552	1.31	0.75	0.75	0.80	62	43,504	42,376
Bomba No 3, Hidroneumático	5	1	3,575	223	14.333	89	0.790	2,912	1.11	0.33	0.33	0.35	7	4,934	4,783
Bomba No.2, Hidroneumático	15	1	3,575	219	31.333	87	0.820	2,912	0.81	0.33	0.33	0.35	15	10,392	10,037
Bomba No. 1, Hidroneumático	15	1	3,575	221.33	10	85	0.722	2,912	0.22	0.33	0.33	0.35	4	3,163	3,058
Compresor de Aire No. 1	7.5	1	1,740	220.67	12	63	0.801	6,552	0.44	0.75	0.75	0.80	21	14,704	14,199
Compresor de Aire No. 2	5	1	1,740	221	12	66	0.794	4,368	0.68	0.50	0.50	0.53	10	6,813	6,621
Bomba Comb. Caldera 3	3	1	1,720	221	5	38	0.630	2,912	0.25	0.33	0.33	0.35	1	755	658
Bomba Ventilador Cald. 3	5	1	3,500	221	12	79	0.790	2,912	0.84	0.33	0.33	0.35	5	3,738	3,615
Inyección Agua Cald. 3	7.5	1	2,500	219	21	87	0.808	1,300	1.04	0.21	0.15	0.16	2	1,899	1,850
Bomba Comb. Cald. 2	3	1	1,755	220	3	21	0.630	2,912	0.09	0.33	0.33	0.35	0	268	233
Bomba Ventilador Cald. 2	5	1	1,755	220	9	59	0.775	2,912	0.47	0.33	0.33	0.35	3	2,127	2,037
Bomba de Agua Cald. 2	5	1	3,500	219.33	13	85	0.790	2,184	0.93	0.25	0.25	0.27	3	2,310	2,233
Compresor de Aire Cald. 3	10	1	1,745	220	19	69	0.824	2,184	0.57	0.25	0.25	0.27	4	2,757	2,676
Motor del elevador de la torre	22	2	900	216	70	77	0.837	5,096	1.02	0.58	0.58	0.62	175	89,666	119,889
Motor del elevador de cirugías	7	2	1,200	216	29	85	0.790	5,096	1.49	0.58	0.58	0.62	80	42,058	54,829
<b>Total</b>	<b>123</b>	<b>17</b>		<b>3,300</b>		<b>77</b>							<b>392</b>	<b>229,089</b>	<b>269,093</b>

FUENTE: Herramienta de cálculo utilizada por el Área de Ingeniería en Recursos Energéticos de la UAM, Datos propios

Tabla A.19 Principales equipos de Aire acondicionado y refrigeración del hospital del conjunto del IMSS.

SITE VISIT CURRENT INFORMATION FOR MOTORS

Equipo Operado	Tamaño motor (hp)	No. de Motores	Velocidad (RPM)	Voltaje (Volts)	Corriente (Amp.)	Fp (%)	Efic. (%)	Tiempo Uso (h/año)	LF	UF	CF	DUF	Demanda Promedio Anual (kW/año)	Uso Promedio de Energía (kWh/año)	Uso Total de Energía kWh/año
Recirculadora Agua Helada	15	1	3,575	220	32	92	0.82	1,260	0.87	0.42	0.42	0.15	9	6,042	5,881
Compresor No. 1 Agua Helada	15	1	3,575	216	42	88	0.820	1,260	1.08	0.42	0.42	0.15	11	7,492	7,271
Compresor No. 2 Agua Helada	15	1	3,575	221.33	35	77	0.820	1,260	0.81	0.42	0.42	0.15	8	5,616	5,424
Compresor No. 3 Agua Helada	15	1	3,575	220	35	77	0.828	1,260	0.71	0.42	0.42	0.15	8	5,209	5,391
Compresor No. 4 Agua Helada	15	1	1,740	223	35	77	0.820	1,260	0.81	0.42	0.42	0.15	8	5,632	5,465
Extractor Cocina	5	1	1,740	221	14	75	0.790	6,552	0.91	0.75	0.75	0.80	29	20,375	19,750
Manejadora Toco	5	1	1,770	219	8	79	0.794	8,736	0.56	1.00	1.00	1.06	32	22,468	21,782
Manejadora Consulta Externa	7.5	1	1,770	219	15	60.00%	0.814	2,016	0.53	0.50	0.50	0.24	5	3,552	3,446
Manejadora de la Torre	7.5	1	1,770	220	12	66.00%	0.801	4,480	0.45	0.67	0.67	0.54	13	9,050	8,776
Manejadora de Admón.	2	1	1,770	220	5	21.00%	0.638	2,688	0.22	0.50	0.50	0.33	1	608	539
Manejadora de Cuneros.	1.5	1	1,770	220	3	59.00%	0.699	3,360	0.47	0.50	0.50	0.41	2	1,200	1,133
Manejadora de UCI.	2	1	1,770	219.33	5	85.00%	0.758	4,032	0.87	0.67	0.67	0.49	6	4,466	4,340
Manejadora de Laboratorio.	3	1	1,770	220	7	69.00%	0.766	3,200	0.67	0.67	0.48	0.39	4	4,048	3,920
Manejadora de Rx.	4	1	1,770	216	9	77.00%	0.766	2,688	0.59	0.50	0.50	0.33	5	3,289	3,485
Manejadora de Tomógrafo.	2	1	1,770	217	5	77.00%	0.752	4,160	0.67	0.67	0.48	0.51	4	3,842	4,013
Manejadora de Quirófanos.	2	1	1,770	218	5	85.00%	0.758	6,720	0.78	1.00	1.00	0.82	14	9,972	9,691
Manejadora de Urgencias.	3	1	1,770	218	8	85.00%	0.770	5,376	0.94	1.00	1.00	0.65	20	14,216	13,803
Manejadora de Conservación.	4	1	1,771	219	9	69.00%	0.766	800	0.64	0.33	0.24	0.10	1	649	628
Equipo de A. A. Admón.	10	1	3,500	220	0	77.00%	0.746	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
Equipo de A. A. Cuneros.	7.5	1	3,500	220	18	77.00%	0.808	1,344	0.82	0.50	0.50	0.16	5	3,672	3,549
Equipo de A. A. Tomógrafo.	5	1	3,500	220	11	85.00%	0.790	2,560	0.81	0.67	0.48	0.31	6	6,288	6,081
Equipo de A. A. Rx.	5	1	3,500	220	8	85.00%	0.794	1,344	0.59	0.50	0.50	0.16	3	1,796	1,741
Equipo de A. A. Laboratorio.	5	2	3,500	220	12	69.00%	0.794	1,792	0.71	0.67	0.67	0.22	11	5,773	7,539
Equipo de A. A. Consulta ext.	25	1	3,500	220	40	77.00%	0.851	1,344	0.57	0.50	0.50	0.16	12	8,119	7,887
Equipo de A. A. Quirófano 7.	7.5	1	3,500	220	17	77.00%	0.808	2,016	0.77	0.67	0.67	0.24	10	6,936	6,704
Equipo de A. A. Quirófano PA.	7.5	2	3,500	220	18	85.00%	0.808	3,024	0.90	1.00	1.00	0.37	51	27,056	35,260
Equipo de A. A. CEYE.	4	1	3,500	220	10	61.00%	0.766	5,376	0.64	1.00	1.00	0.65	18	12,904	12,496
Equipo de A. A. Conservación.	5	1	3,500	220	13	61.00%	0.794	400	0.68	0.33	0.24	0.05	0	416	403
<b>Total</b>	<b>205</b>	<b>30</b>		<b>6,147</b>		<b>77.00%</b>							<b>295</b>	<b>200,686</b>	<b>206,398</b>

FUENTE: Herramienta de cálculo utilizada por el Área de Ingeniería en Recursos Energéticos de la UAM, Datos propios



**ANEXO "B"<sup>1</sup> Tarifas de Energía Eléctrica****1. ACUERDO QUE AUTORIZA EL AJUSTE Y MODIFICACION DE LAS TARIFAS PARA SUMINISTRO Y VENTA DE ENERGIA ELECTRICA.**

JOSE ANGEL GURRIA TREVIÑO, Secretario de Hacienda y Crédito Público, con fundamento en los artículos 26 y 31 fracción X de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 15 fracción V de la Ley de Planeación; 12 fracción VI, 30, 31, 32 y 33 de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, todas en vigor, y

**CONSIDERANDO**

Que el Secretario de Energía, a instancias de las Juntas de Gobierno de la Comisión Federal de Electricidad y de Luz y Fuerza del Centro, solicitó a esta Secretaría el ajuste y modificación de las tarifas que rigen la venta de energía eléctrica en el país;

Que de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 31 de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, compete a esta Secretaría, con la participación de las de Comercio y Fomento Industrial, y de Energía, y a propuesta de la Comisión Federal de Electricidad, fijar las tarifas eléctricas, así como su ajuste y modificación;

Que de conformidad con el Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000, los precios de los bienes y servicios producidos por el sector energético deben ser establecidos de manera transparente y deberán propiciar el uso racional y la conservación de los recursos, así como la asignación óptima de inversiones;

Que de acuerdo al Programa de Desarrollo y Reestructuración del Sector de la Energía 1995-2000, es fundamental establecer una política de precios y tarifas que evite el deterioro financiero del sector eléctrico;

Que para seguir cubriendo el crecimiento de la demanda interna de energía eléctrica con la calidad, oportunidad y suficiencia que requiere el desarrollo del país, es indispensable continuar con la construcción de diversas unidades de generación, así como incrementar la inversión en líneas de transmisión y distribución del sistema eléctrico nacional, lo que requiere de cuantiosos recursos financieros;

Que la propuesta tarifaria de los sectores residencial, servicios y agrícola tiende a evitar el rezago del nivel de estas tarifas en términos reales;

Que es necesario realizar un análisis y verificación del destino del subsidio al sector agrícola a través de las tarifas de bombeo de agua para riego agrícola;

<sup>1</sup> Datos tomados de la página de Internet de CONAE, Tarifas eléctricas, mes de Julio de 2000, [www.conae.gob/](http://www.conae.gob/)

Que debido al correcto funcionamiento de la aplicación del procedimiento de ajuste automático en las tarifas 2, 3, 7, O-M, H-M, HM-R, HM-RF, HM-RM, H-S, H-SL, HS-R, HS-RF, HS-RM, H-T, H-TL, HT-R, HT-RF, HT-RM, I-15, e I-30 es necesario continuar aplicando el mecanismo de ajuste tarifario vigente, a fin de reflejar de manera aproximada las variaciones de los precios de los combustibles utilizados en la generación de energía eléctrica, y las de los precios de los principales insumos requeridos en este proceso;

Que derivado del análisis que sustenta la propuesta del sector eléctrico, cuyo objetivo es cubrir las necesidades financieras y las de ampliación del servicio público, así como motivar un consumo racional de energía, esta Secretaría ha tenido a bien expedir el siguiente:

#### ACUERDO QUE AUTORIZA EL AJUSTE Y MODIFICACION DE LAS TARIFAS PARA SUMINISTRO Y VENTA DE ENERGIA ELECTRICA

ARTICULO PRIMERO.- Se autoriza a los organismos públicos descentralizados Comisión Federal de Electricidad y a Luz y Fuerza del Centro, a quienes en lo sucesivo se les denominará "el suministrador", el ajuste y modificación a las tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica, conforme a lo dispuesto en el presente Acuerdo.

ARTICULO SEGUNDO.- A partir del primero de enero del 2000, y durante todo ese año, se continuará con la aplicación de un factor de ajuste mensual acumulativo a los cargos de las tarifas para servicio doméstico (1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E), para servicio de riego agrícola (9 y 9M), para el servicio de alumbrado público (5 y 5A) y para el servicio de bombeo de aguas negras y potables (6). El factor será de 1.008 para todos los cargos de todas las tarifas y será aplicado a partir del día primero de cada mes.

ARTICULO TERCERO.- Continúa la aplicación del procedimiento de ajuste automático en las tarifas 2, 3, 7, O-M, H-M, HM-R HM-RF, HM-RM, H-S, H-SL, HS-R, HS-RF, HS-RM, H-T, H-TL, HT-R, HT-RF, HT-RM, I-15 e I-30, siendo la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, quien sancione mensualmente el cálculo de los factores de ajuste, revise y recomiende enmiendas que en su caso procedan, a los elementos de cálculo de la fórmula establecida. Para lo anterior escuchará a las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial y de Energía y al suministrador.

ARTICULO CUARTO.- Los usuarios inscritos en las tarifas de servicios para bombeo de agua para riego agrícola en baja y media tensión, deberán proporcionar al suministrador, copia del Título de Concesión de Aguas Nacionales y/o sus Bienes Públicos Inherentes, expedido por la Comisión Nacional de Agua. Dicho Título deberá especificar que el destino del agua extraída del aprovechamiento es exclusivamente para riego agrícola. En caso de no presentar la copia del Título mencionado, se les reclasificará en la tarifa de uso general correspondiente.

## TRANSITORIOS

PRIMERO. El presente Acuerdo entrará en vigor el día primero de enero del 2000.

SEGUNDO. El presente Acuerdo deberá publicarse en el Diario Oficial de la Federación y en dos periódicos de circulación nacional, antes de la fecha citada en el artículo que antecede.

TERCERO. Para lo dispuesto en el artículo cuarto, los usuarios tendrán un periodo de seis meses contados a partir de la entrada en vigor de este Acuerdo.

CUARTO. Se derogan las disposiciones administrativas en materia tarifaria que se opongan a lo establecido en este Acuerdo.

Atentamente

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 24 de diciembre de 1999- El Secretario de Hacienda y Crédito Público, José Angel Gurría Treviño.- Rúbrica.

## 2. DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS.

Las presentes disposiciones regirán para la aplicación e interpretación de las tarifas generales para la venta de energía eléctrica.

*Tabla B.1 Elementos para la determinación de las tarifas eléctricas.*

1	<u>HORARIO DE LOS SERVICIOS</u>
2	<u>TENSION DE SUMINISTRO</u>
3	<u>FACTURACION</u>
4	<u>FACTOR DE POTENCIA</u>
5	<u>FACTURACION Y LECTURAS</u>
6	<u>CONTRATACION Y FACTURACION DE LOS SERVICIOS POR TEMPORADAS</u>
7	<u>ESTIMACION DE DEMANDAS Y CONSUMOS</u>
8	<u>TARIFAS GENERALES FIJADAS CON ANTERIORIDAD</u>
9	<u>EQUIVALENCIAS PARA LA DETERMINACION DE LA POTENCIA EN WATTS.</u>
10	<u>CONCURRENCIA DE TARIFAS.</u>
10 BIS	<u>CLAUSULA DE LOS AJUSTES DE LA FACTURACION DE LA ENERGIA POR POR VARIACION EN LOS PRECIOS DE LOS COMBUSTIBLES</u>
11	<u>OTRAS DISPOSICIONES RELATIVAS AL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA.</u>
12	<u>CONTROVERSAS.</u>

## 2.1 HORARIO DE LOS SERVICIOS

Los servicios contratados conforme a estas tarifas se suministrarán durante las 24 (veinticuatro) horas del día, excepto los proporcionados conforme a las tarifas, No. 5.- Servicio para Alumbrado Público y No. 7.- Servicio Temporal, en los cuales el suministrador podrá convenir con los usuarios respectivos en cada caso, los horarios que convengan a ambas partes. Los convenios de referencia no afectarán las cuotas en las tarifas correspondientes.

## 2.1 TENSION DE SUMINISTRO

Para los fines de estas tarifas se entenderá como suministro en baja tensión, todo aquel servicio abastecido a las tensiones que corresponden a los valores indicados por la norma oficial para tensiones normalizadas NOM-J-98-78.

Los servicios que se alimenten de una red automática se contratarán a la tensión de suministro disponible en la red, ya sea en alta o en baja tensión y de acuerdo con la tarifa correspondiente en esa tensión.

En los inmuebles de tiempo compartido el suministro de energía destinado a unidades habitacionales, se contratará por el representante legal o administrador del inmueble, en alta o en baja tensión, y según la tarifa que le corresponda de acuerdo con las características de suministro. Los servicios generales se contratarán por el propietario o el administrador del inmueble. En estos inmuebles, en las propiedades en condominio y en todo edificio integrado por varios apartamentos, cualquiera que sea su uso, cada uno de éstos deberá contar con un suministro individual, respecto del cual el propietario o inquilino deberá contratar el servicio.

En los casos en que el suministrador tenga disponibles dos o más tensiones que puedan ser utilizadas para suministrar el servicio, y éstas originen la aplicación de tarifas diferentes, el suministrador proporcionará al usuario los datos necesarios para que éste decida cual será la tensión y la tarifa que le resulten mas convenientes. En caso de desacuerdo la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial dictará la resolución correspondiente.

Cuando para el desarrollo de los sistemas se requiera introducir modificaciones que impliquen un cambio en la tensión de suministro, el suministrador podrá efectuarlas previo aviso al consumidor, en el plazo y en los términos que en cada caso le sean aprobados, siempre y cuando dichas modificaciones respondan a programas de inversiones autorizados. En el caso de redes automáticas, cuando el cambio de tensión traiga como consecuencia que el servicio quede comprendido dentro de las condiciones de una tarifa diferente a la que en ese momento se está aplicando, el servicio deberá sujetarse a esta otra tarifa. En casos distintos a las redes automáticas, la aplicación de una tarifa diferente a la del contrato sólo procederá cuando hubiera quedado vencido el plazo aprobado por la autoridad, previa conexión del servicio en la nueva tensión.

## 2.2 FACTURACIÓN

Es el resultado de aplicar por un período determinado las cuotas expresamente contenidas en la tarifa respectiva, a la energía suministrada y, en su caso, a la demanda máxima medida conforme a los registros correspondientes o, en su defecto, al mínimo mensual. En los casos establecidos en el inciso 5.4 de la Disposición Complementaria No. 5. el suministrador deberá bonificar o cargar el 2% (dos por ciento) previsto en dicha disposición.

## 2.4 FACTOR DE POTENCIA

El usuario procurará mantener un factor de potencia (FP) tan aproximado a 100% (cien por ciento) como le sea posible, pero en el caso de que su factor de potencia durante cualquier periodo de facturación tenga un promedio menor de 90% (noventa por ciento) atrasado, determinado por métodos aprobados por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, el suministrador tendrá derecho a cobrar al usuario la cantidad que resulte de aplicar al monto de la facturación el porcentaje de recargo que se determine según la fórmula que se señala. En el caso de que el factor de potencia tenga un valor igual o superior de 90% (noventa por ciento), el suministrador tendrá la obligación de bonificar al usuario la cantidad que resulte de aplicar a la factura el porcentaje de bonificación según la fórmula que también se señala.

Fórmula de Recargo:

$$\text{Porcentaje de Recargo} = 3/5 \times ((90 / \text{FP}) - 1) \times 100$$

FP menor que 90%

Fórmula de Bonificación:

$$\text{Porcentaje de Bonificación} = 1/4 \times (1 - (90/\text{FP})) \times 100$$

FP mayor o igual a 90%

Donde FP, es el Factor de Potencia expresado en por ciento.

Los valores resultantes de la aplicación de estas fórmulas se redondearán a un solo decimal, por defecto o por exceso, según sea o no menor que 5 (cinco) el segundo decimal. En ningún caso se aplicarán porcentajes de recargo superiores a 120% (ciento veinte por ciento), ni porcentajes de bonificación superiores a 2.5% (dos punto cinco por ciento).

## 2.5 FACTURACION Y LECTURAS

### 2.5.1.- Facturación Mensual y Bimestral.

El suministrador facturará normalmente de manera mensual o bimestral los servicios. Para aquellos servicios con demanda máxima medida, la facturación será mensual.

Para la facturación mensual, el suministrador leerá los aparatos de medición normalmente una vez dentro de un período que puede variar entre 28 (veintiocho) y 33 (treinta y tres)

días y, para la facturación bimestral, entre 57 (cincuenta y siete) y 64 (sesenta y cuatro) días.

Las cuotas mensuales de las tarifas se aplicarán por mes calendario. Cuando el período de facturación no coincida con mes calendario, de modo que tengan que aplicarse cuotas mensuales de las tarifas de diferente monto, se determinará el promedio diario de energía para aplicar la tarifa vigente en cada día del período. Tratándose de la demanda máxima medida, las cuotas correspondientes se aplicarán a aquella proporcionalmente a los días del período de facturación que estuvieron vigentes.

En el caso de las tarifas para servicio doméstico con facturación bimestral, la tarifa aplicable para todo el consumo será la vigente 30 días antes de la fecha de término del período que abarca la facturación, y con fines de facturación se considerará que el período entre lecturas es de dos meses exactos.

Como excepción a lo dicho en el párrafo anterior, en las zonas cálidas, y en el caso de que el bimestre a facturar sea mixto, esto es, que incluya días del período de verano y fuera de éste, se procederá como se indica a continuación:

a) En los bimestres mixtos de entrada de verano:

Si el período de facturación incluye menos de 16 días de verano, se aplicará la tarifa 1, con los cargos vigentes 30 días antes de la fecha de término del período que abarca la facturación;

Si el período de facturación incluye más de 15, pero menos de 31 días de verano, el consumo bimestral se dividirá en dos fracciones de consumo mensual, a la primera se le aplicará la tarifa 1, con los cargos vigentes 30 días antes de la fecha de término del período que abarca la facturación, y a la segunda se le aplicará la tarifa de verano correspondiente, con los cargos vigentes en la fecha de término del período que abarca la facturación;

Si el período de facturación incluye más de 30, pero menos de 46 días de verano, el consumo bimestral se dividirá en dos fracciones de consumo mensual, a la primera se le aplicará la tarifa 1, con los cargos vigentes 60 días antes de la fecha de término del período que abarca la facturación, y a la segunda se le aplicará la tarifa de verano correspondiente, con los cargos vigentes 30 días antes de la fecha de término del período que abarca la facturación;

Si el período de facturación incluye más de 45 días de verano, se aplicará la tarifa de verano correspondiente, con los cargos vigentes 30 días antes de la fecha de término del período que abarca la facturación;

b) En los bimestres mixtos de salida del verano:

Si el período de facturación incluye menos de 16 días de período de fuera de verano, se aplicará la tarifa de verano correspondiente, con los cargos vigentes 30 días antes de la fecha de término del período que abarca la facturación;

Si el período de facturación incluye más de 15, pero menos de 31 días de período de fuera de verano, el consumo bimestral se dividirá en dos fracciones de consumo mensual, a la primera se le aplicará la tarifa de verano correspondiente, con los cargos vigentes 30 días antes de la fecha de término del período que abarca la facturación, y a la segunda se le aplicará la tarifa 1, con los cargos vigentes en la fecha de término del período que abarca la facturación;

Si el período de facturación incluye más de 30, pero menos de 46 días de período de fuera de verano, el consumo bimestral se dividirá en dos fracciones de consumo mensual, a la primera se le aplicará la tarifa de verano correspondiente, con los cargos vigentes 60 días antes de la fecha de término del período que abarca la facturación, y a la segunda se le aplicará la tarifa 1, con los cargos vigentes 30 días antes de la fecha de término del período que abarca la facturación;

Si el período de facturación incluye más de 45 días de período de fuera de verano, se aplicará la tarifa 1, con los cargos vigentes 30 días antes de la fecha de término del período que abarca la facturación.

En el caso de las tarifas para servicio doméstico con facturación mensual, la tarifa aplicable para todo el período que abarca la facturación será la vigente 15 días antes de la fecha de término del período que abarca la facturación, y con fines de facturación se considerará que el período entre lecturas es de un mes exacto.

Como excepción en lo dicho en el párrafo anterior, en las zonas cálidas y en el caso de que el mes a facturar sea mixto, esto es, que incluya días del período de verano y fuera de éste, se procederá como se indica a continuación:

a) En los meses mixtos de entrada del verano:

Si el período de facturación incluye menos de 16 días de verano, se aplicará la tarifa 1, con los cargos vigentes 15 días antes de la fecha de término del período que abarca la facturación.

Si el período de facturación incluye más de 15 días de verano, se aplicará la tarifa de verano correspondiente, con los cargos vigentes 15 días antes de la fecha de término del período que abarca la facturación.

b) En los meses mixtos de salida del verano:

Si el período de facturación incluye menos de 16 días de período fuera de verano, se aplicará la tarifa de verano correspondiente, con los cargos vigentes 15 días antes de la fecha de término del período que abarca la facturación.

Si el período de facturación incluye más de 15 días de período fuera de verano, se aplicará la tarifa 1, con los cargos vigentes 15 días antes de la fecha de término del período que abarca la facturación.

Cuando en un período de facturación ocurran averías o fallas del medidor de demanda máxima, el suministrador determinará el valor de la demanda máxima, para fines de facturación, con base en la energía registrada en el mismo período y el promedio aritmético de los tres últimos factores de carga del respectivo servicio. En ningún caso, el valor determinado será superior a los valores históricos de la demanda máxima medida que en sus registros conserve el suministrador.

#### 2.5.2.- Excepciones en período de tomas de lecturas.

Cuando por causas de programación, o porque los lugares en que se preste el servicio estén muy alejados de los centros administrativos del suministrador y no existan medios de transporte adecuados, éste podrá solicitar autorización a la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial para que el período de toma de lecturas sea hasta una vez cada 12 (doce) meses, con una tolerancia de 6 (seis) días en más o en menos, presentando el estudio justificativo correspondiente.

Tal período de lecturas no afectará el período de facturación a que se refiere el primer párrafo del apartado 5.1, para lo cual el suministrador estimará los consumos con base en los registros de que disponga para el mes, bimestre o bien el promedio anual del año anterior. Cuando se trate de un servicio nuevo, dicha estimación se hará de acuerdo con las tablas de horarios que para cada región o zona someterá el suministrador a la aprobación de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

Después de efectuada la lectura de los aparatos de medición, será necesario llevar a cabo un ajuste en las facturaciones expedidas dentro del período de lecturas, para lo cual se tomarán tantas veces como meses haya comprendido el período de lecturas; hecho lo cual, se aplicará la tarifa correspondiente en sus términos. El suministrador estará obligado a efectuar los ajustes correspondientes en la facturación a favor del usuario respecto de las cantidades cobradas en exceso; en caso contrario, el usuario estará obligado a pagar al suministrador las cantidades cobradas insuficientemente.

Los procedimientos para la estimación de los consumos serán notificados oportunamente a la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, quien previa aprobación de los mismos, vigilará su aplicación.

Los servicios que deban facturarse sobre la base de demanda máxima medida, en ningún caso quedarán afectos a estas excepciones.

#### 2.5.3.- Facturaciones por períodos distintos a los normales.

En los casos en que por conexión, suspensión o corte del servicio, terminación del contrato de suministro o adaptaciones excepcionales al proceso comercial, el período de facturación sea distinto de lo normal, el suministrador aplicará las cuotas de la tarifa respectiva proporcionalmente al número de días que comprenda el período de facturación, para el efecto de determinar y cobrar el importe correspondiente.



#### 2.5.4.- Medición en el lado del primario o en el lado del secundario de los transformadores.

En los servicios que se proporcionan en alta tensión, el suministrador podrá efectuar la medición de la energía eléctrica consumida y de la demanda máxima en el lado del secundario o en el del primario de los transformadores del usuario. Si se hiciera en el lado del secundario, las facturaciones se aumentarán en un 2% (dos por ciento).

En los servicios con tarifa de baja tensión, si la medición se hiciera en el lado primario de los transformadores, las facturaciones se disminuirán en un 2% (dos por ciento).

#### 2.5.5.- Importe Facturado.

Solamente formará parte de la factura el importe de los servicios proporcionados, más los gastos e instalación, depósito de garantía y otros que resulten a cargo del usuario en los términos del contrato respectivo, más el impuesto trasladable al usuario.

El suministrador deberá conceder al usuario un plazo de 10 días naturales a partir de la fecha de la entrega del Aviso-Recibo por parte del mismo suministrador, para cubrir el monto del adeudo.

Por falta de pago oportuno de este importe podrá suspenderse el servicio en los términos de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento.

### 2.6 CONTRATACION Y FACTURACION DE LOS SERVICIOS POR TEMPORADAS

Los servicios suministrados en alta tensión para actividades en que normalmente se desarrollen durante temporadas anuales, podrán contratarse por tiempo indefinido, en cuyo caso los contratos quedarán en suspenso a la solicitud del usuario durante la época de inactividad, para lo cual debe éste avisar por escrito al suministrador, con 30 (treinta) días de anticipación por lo menos, la fecha de iniciación y de terminación de la temporada de trabajo. En el caso de terminación el suministrador podrá desconectar el servicio, el que deberá reconectar al inicio de la actividad.

El usuario podrá contratar un suministro en baja tensión, conforme a la tarifa general correspondiente, para satisfacer las necesidades de energía eléctrica que requiera durante el tiempo de inactividad.

### 2.7 ESTIMACION DE DEMANDAS Y CONSUMOS

Cuando los servicios en donde no intervenga la demanda máxima medida sean suministrados sin aparatos de medición por la imposibilidad o inconveniencia de instalarlos inmediatamente, se estimarán transitoriamente los consumos de energía, con el fin de aplicar la tarifa correspondiente, durante un periodo no mayor de seis meses, computados a partir de la conexión del servicio. Salvo casos excepcionales, previa solicitud del suministrador, la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial podrá autorizar un plazo mayor. Los consumos habidos durante el lapso en que no se hubieren instalado aparatos de

medición se estimarán de acuerdo con las tablas de horarios que para cada zona o región apruebe la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

En los Servicios en donde intervenga el elemento demanda máxima medida y no sea posible la lectura de los aparatos de medición por causas de fuerza mayor, se estimarán las demandas en los términos del subinciso 5.1 anterior. La estimación nunca excederá de dos ciclos consecutivos normales de facturación.

En los casos de suministro de energía eléctrica para uso exclusivamente doméstico, en zonas habitacionales, cuyo importe sea liquidado por personas físicas o morales por concepto de prestación contractual a sus trabajadores, el suministrador podrá medir globalmente el servicio y aplicar las cuotas de la respectiva tarifa al número de servicios individuales, con el fin de expedir una sola facturación. De no presentarse cualquiera de estas condiciones, los servicios deberán contratarse y suministrarse en forma individual.

## 2.8 TARIFAS GENERALES FIJADAS CON ANTERIORIDAD

Las presentes tarifas derogan las anteriores y, por lo mismo, quedarán modificados en lo conducente los contratos generales de suministro de energía eléctrica. El depósito de garantía se conservará en tanto no se renueven por otras causas los respectivos contratos

### 2.8.1 EQUIVALENCIAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA EN WATTS.

- a).- Para motores de hasta 50 (cincuenta) caballos de potencia, incluido el rendimiento de los motores.
- b).- Para determinar la capacidad en watts de motores con más de 50 (cincuenta) caballos de potencia, incluido el rendimiento, multiplíquense los caballos de potencia por 800 (ochocientos).
- c).- Para lámparas fluorescentes, de vapor de mercurio, de cátodo frío y otras, se tomará su capacidad nominal más un 25% (veinticinco por ciento) para considerar la capacidad en watts de los aparatos auxiliares que requiera su funcionamiento. Este porcentaje podrá variar de acuerdo con los resultados que a solicitud del usuario obtenga el suministrador, por pruebas de capacidad de los equipos auxiliares, en cuyo caso, se podrá modificar el contrato tomando en cuenta dichos resultados.
- d).- En los aparatos de rayos X, máquinas soldadoras, punteadoras, anuncios luminosos, etc., se tomará su capacidad nominal en Volt-amperes a un factor de potencia de 85% (ochenta y cinco por ciento), atrasado.

Tabla B.2 Capacidad de los motores eléctricos<sup>2</sup>

Capacidad en caballos de Potencia	Capacidad en Watts		Capacidad en caballos de potencia	Capacidad en Watts
	Motores Monofásicos	Motores Trifásicos		
1/20	60	-	4.50	4 074
1/16	8015	-	4.75	4 266
1/8	150	-	5.00	4 490
1/6	202	-	5.50	4 945
1/5	233	-	6.00	5 390
0.25	293	264	6.50	5 836
0.33	395	355	7.00	6 293
0.50	527	507	7.50	6 577
0.67	700	668	8.00	7 022
0.75	780	740	8.50	7 458
1.00	993	953	9.00	7 894
1.25	1 236	1 190	9.50	8 340
1.50	1 480	1 418	10.00	8 674
1.75	1 620	1 622	11.00	9 535
2.00	1 935	1 844	12.00	10 407
2.25	2 168	2 067	13.00	11 278
2.50	2 390	2 290	14.00	12 140
2.75	2 574	2 503	15.00	12 860
3.00	2 766	2 726	16.00	13 720
3.25	-	2 959	20.00	16 953
3.50	-	3 182	25.00	21 188
3.75	-	3 415	30.00	24 725
4.00	-	3 618	40.00	32 609
4.25	-	3 840	50.00	40 756

FUENTE: CONAE, 2000, Página electrónica.

## 2.9 CONCURRENCIA DE TARIFAS.

Cuando el usuario destine la energía suministrada en un solo punto de entrega a dos o más de los usos previstos en las presentes tarifas y la instalación no pueda separarse para contratar individualmente los respectivos servicios, el suministrador aplicará la tarifa específica o la general que corresponda a la tensión del servicio, a la demanda y al uso principal a que se destine la energía eléctrica.

Si las instalaciones pueden separarse, el usuario quedará obligado a llevar a cabo la separación y convendrá con el suministrador el tiempo necesario para efectuarla y una vez efectuada se contratarán los servicios para aplicar la correspondiente tarifa a cada uno de ellos.

<sup>2</sup> CONAE, 2000, Página electrónica.

En caso de que el usuario no celebre el convenio o no efectúe la separación en el plazo convenido, el suministrador, aplicará la tarifa que determine la mayor facturación que corresponda a las características del servicio.

## 2.10 BIS.- CLAUSULA DE LOS AJUSTES POR LAS VARIACION EN LOS PRECIOS DE LOS COMBUSTIBLES Y LA INFLACION NACIONAL.

### 2.10 bis. 1.- APLICACIÓN DE LOS AJUSTES

Esta cláusula de los ajustes por las variaciones de la inflación nacional y de los precios de los combustibles, en su caso, se aplicará mensualmente a los cargos de las tarifas: 2, 3, 7, O-M, H-M, HM-R, HM-RF, HM-RM, H-S, H-SL, HS-R, HS-RF, HS-RM, H-T, H-TL, HT-R, HT-RF y HT-RM; y a las bonificaciones de las tarifas I-15 e I-30.

### 2.10 bis. 2.- FACTORES DE AJUSTE MENSUAL

Los factores de ajuste mensual por nivel de tensión se determinarán cada mes calendario ( $m$ ) de la siguiente manera: (1) para baja tensión:

$$FAB_m = \frac{FEB_m}{FEB_{m-1}}$$

Donde  $FAB_m$  es el factor de ajuste mensual para baja tensión, aplicable en el mes  $m$  y los  $FEB_m$  son los factores de escalación para baja tensión, que se definen cada mes calendario como:

$$FEB_m = \frac{IPC_{m-2}}{IPC_{0-2}}$$

Donde:

el subíndice ( $m$ ) es el mes de aplicación de las tarifas, con  $m=1$  correspondiendo al mes de enero de 1997;  $IPC$  es el Índice Nacional de Precios al Consumidor, mismo que por la disponibilidad de la información se aplica con dos meses de rezago, e  $IPC_{0-2}$  corresponde al mes de octubre de 1996; (2) para media tensión:

$$FAM_m = \frac{FEM_m}{FEM_{m-1}}$$

Donde  $FAM_m$  es el factor de ajuste mensual para media tensión, aplicable en el mes  $m$  y los  $FEM_m$  son los factores de escalación para media tensión, que se definen cada mes calendario como:

$$FEM_m = 0.71 \times \frac{IPC_{m-2}}{IPC_{0-2}} + 0.29 \times \frac{ICC_m}{ICC_0}$$

Donde:

ICC es un Índice de Costos de los Combustibles, e  $ICC_0$  corresponde al mes de diciembre de 1996 (3) para alta tensión:

$$FAA_m = \frac{FEA_m}{FEA_{m-1}}$$

Donde  $FAA_m$  es el factor de ajuste mensual para alta tensión, aplicable en el mes  $m$  y los  $FEA_m$  son los factores de escalación para alta tensión, que se definen cada mes calendario como:

$$FEM_m = 0.59 \times \frac{IPC_{m-2}}{IPC_{0-2}} + 0.41 \times \frac{ICC_m}{ICC_0}$$

Por su definición, los factores de escalación para todos los niveles de tensión del mes de diciembre de 1996 tomarán el valor unitario, esto es:

$$FEB_0 = FEM_0 = FEA_0 = 1$$

El Índice de Costos de los Combustibles se calculará mensualmente con la fórmula siguiente:

$$ICC_m = \sum c_c \times P_{c,m-1}$$

Donde el subíndice ( $c$ ) expresa cada uno de los cinco combustibles que se someten al ajuste mensual:

- 1) combustóleo importado, cotización Pemex, promedio centros importadores;
- 2) combustóleo nacional, cotización Pemex volumen básico, promedio centros productores;
- 3) gas natural, cotización Pemex base firme anual, sector Venta de Carpío;
- 4) diesel industrial, cotización Pemex resto del país, sin impuestos acreditables;
- 5) carbón, cotización MICARE que incluye manejo de cenizas, única a nivel nacional.

Los coeficientes  $c$  corresponden a cada combustible y tienen los siguientes valores:

$$\begin{aligned} c_1 &= 0.031744 \\ c_2 &= 0.104201 \\ c_3 &= 0.044212 \\ c_4 &= 0.003048 \\ c_5 &= 0.038062 \end{aligned}$$

$P_{c,m-1}$  es el precio -sin IVA- para cada combustible ( $c$ ), vigente en mes anterior al de aplicación del ajuste ( $m$ ).

### 2.10 bis. 3.- AJUSTE DE LOS CARGOS Y BONIFICACIONES

Cada mes calendario, a partir del día primero del mismo, serán ajustados los cargos o bonificaciones con respecto al valor del mes anterior con el factor de ajuste mensual correspondiente al nivel de tensión de cada tarifa:

baja tensión tarifas 2, 3 y 7. media tensión: tarifas O-M, H-M, HM-R, HM-RF y HM-RM. alta tensión: tarifas H-S, H-SL, HS-R, HS-RF, HS-RM, H-T, H-TL, HT-R, HT-RF, HT-RM, I-15 e I-30.

## 2.11 OTRAS DISPOSICIONES RELATIVAS AL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, expedirá las Disposiciones de Cobro de Cuentas y Corte de Servicios, así como las Disposiciones Relativas al Suministro de Energía Eléctrica. Mientras tanto serán aplicables, en lo conducente, las Disposiciones vigentes.

## 2.12 CONTROVERSIAS

En el caso de controversias, el usuario y el suministrador se sujetarán a lo que disponga la autoridad administrativa respectiva, la que deberá resolver las consultas que se le formulen sobre la aplicación e interpretación de las tarifas y sus disposiciones complementarias.

## 3. TENSIÓN DE SUMINISTRO

- Para la aplicación e interpretación de las tarifas para la venta de energía eléctrica se considera que:

- a) Baja tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión menores o iguales a 1.0 (uno punto cero) kilovolts.
- b) Media tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a 1.0 (uno punto cero) kilovolts, pero menores o iguales a 35 (treinta y cinco) kilovolts.
- c) Alta tensión a nivel subtransmisión es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a 35 (treinta y cinco) kilovolts, pero menores a 220 (doscientos veinte) kilovolts.
- d) Alta tensión a nivel transmisión es el servicio que se suministra en niveles de tensión iguales o mayores a 220 (doscientos veinte) kilovolts.

## 4. CLASIFICACIÓN DE LAS TARIFAS

*Tabla B.3 Clasificación de Tarifas Eléctricas<sup>3</sup>*

<b>Tarifa</b>	<b>Aplicación</b>
<i>1</i>	<i>Servicio doméstico</i>
<i>1-A</i>	<i>Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 25 grados centígrados</i>
<i>1-B</i>	<i>Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 29 grados centígrados</i>

<sup>3</sup> CONAE, 2000, Página electrónica.

<b>Tarifa</b>	<b>Aplicación</b>
<i>1-C</i>	<i>Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 30 grados centígrados</i>
<i>1-D</i>	<i>Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 31 grados centígrados</i>
<i>1-E</i>	<i>Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 32 grados centígrados</i>
<i>2</i>	<i>Servicio general hasta 25kW de demanda</i>
<i>3</i>	<i>Servicio general para más de 25kW de demanda</i>
<i>5</i>	<i>Servicio para alumbrado público en las zonas conurbadas del Distrito Federal, Monterrey y Guadalajara.</i>
<i>5A</i>	<i>Servicio para alumbrado público en el resto del país (excluyendo el Distrito Federal, Monterrey, Guadalajara y zonas conurbadas )</i>
<i>6</i>	<i>Servicio para bombeo de aguas potables o negras, de servicio público</i>
<i>7</i>	<i>Servicio temporal</i>
<i>9</i>	<i>Servicio para bombeo de agua para riego agrícola en baja tensión</i>
<i>9-M</i>	<i>Servicio para bombeo de agua para riego agrícola en media tensión</i>
<i>O-M</i>	<i>Tarifa ordinaria para servicio general en media tensión con demanda menor a 100 kW</i>
<i>H-M</i>	<i>Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más</i>
<i>H-S</i>	<i>Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión</i>
<i>H-T</i>	<i>Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión</i>
<i>H-SL</i>	<i>Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión, para larga utilización.</i>
<i>H-TL</i>	<i>Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión, para larga utilización.</i>
<i>HM-R</i>	<i>Tarifa horaria para servicio de respaldo para falla y mantenimiento en media tensión</i>
<i>HM-RF</i>	<i>Tarifa horaria para servicio de respaldo para falla en media tensión</i>
<i>HM-RM</i>	<i>Tarifa horaria para servicio de respaldo para mantenimiento programado en media tensión</i>
<i>HS-R</i>	<i>Tarifa horaria para servicio de respaldo para falla y mantenimiento en alta tensión, nivel subtransmisión</i>
<b>Tarifa</b>	<b>Aplicación</b>
<i>HS-RF</i>	<i>Tarifa horaria para servicio de respaldo para falla en alta tensión, nivel subtransmisión.</i>
<i>HS-RM</i>	<i>Tarifa horaria para servicio de respaldo para mantenimiento programado en alta tensión, nivel subtransmisión.</i>
<i>HT-R</i>	<i>Tarifa horaria para servicio de respaldo para falla y mantenimiento en alta tensión, nivel transmisión</i>
<i>HT-RF</i>	<i>Tarifa horaria para servicio de respaldo para falla en alta tensión, nivel transmisión.</i>
<i>HT-RM</i>	<i>Tarifa horaria para servicio de respaldo para mantenimiento programado en alta tensión, nivel transmisión.</i>

<b>Tarifa</b>	<b>Aplicación</b>
I-15	Tarifa para servicio interrumpible, para demanda máxima medida en periodo de punta, semipunta, intermedio o base mayor o igual a 10,000 kW
I-30	Tarifa para servicio interrumpible, para demanda máxima medida en periodo de punta, semipunta, intermedio o base mayor o igual a 20,000 kW

## 5. REGIONES TARIFARIAS

- Para la aplicación de las cuotas a que se refieren las tarifas O-M, H-M, H-S, H-SL, H-T, H-TL, HM-R, HM-RF, HM-RM, HS-R, HS-RF, HS-RM, HT-R, HT-RF y HT-RM, en las diferentes regiones, éstas se encuentran comprendidas por los siguientes municipios:

### - REGION BAJA CALIFORNIA

Todos los municipios del Estado de Baja California.

Municipios del Estado de SONORA: San Luis Río Colorado.

### - REGION BAJA CALIFORNIA SUR

Todos los municipios del Estado de Baja California Sur.

### - REGION NOROESTE

Todos los municipios del Estado de Sonora excepto el comprendido en la REGION BAJA CALIFORNIA.

Todos los municipios del Estado de SINALOA.

### - REGION NORTE

Todos los municipios de los Estados de CHIHUAHUA y DURANGO.

Municipios del Estado de ZACATECAS: Chalchihuites, Jiménez del Teúl, Sombrerete, Saín Alto, Jerez, Juan Aldama, Río Grande, General Francisco Murguía, Mazapil, Melchor Ocampo.

Municipios del Estado de COAHUILA: Torreón, San Pedro de las Colonias, Matamoros, Viesca, Parras de la Fuente, Francisco I. Madero, Ocampo y Sierra Mojada.

### - REGION NORESTE

Todos los municipios de los Estados de NUEVO LEON y TAMAULIPAS.

Todos los municipios del Estado de COAHUILA excepto los comprendidos en la REGION NORTE.



Municipios del Estado de ZACATECAS: Concepción del Oro y El Salvador.

Municipios del Estado de SAN LUIS POTOSI: Vanegas, Cedral, Cerritos, Guadalcázar, Ciudad Fernández, Rioverde, San Ciro de Acosta, Lagunillas, Santa Catalina, Rayón, Cárdenas, Alaquines, Ciudad del Maíz, Ciudad Valles, Tamazopo, Aquismon, Axtla de Terrazas, Tamazunchale, Huehuetlán, Tamuín, Tancahuitz, Tanlajas, San Antonio, Coscatlán, Tampamolón, San Vicente Tancuayalab, Ebano, Xilitla, Tampacan, Tanquian de Escobedo.

Municipios del Estado de VERACRUZ: Pánuco, Tempoal, Pueblo Viejo, Tampico Alto, Ozuluama de Mazcareñas, El Higo, Huayacocotla.

- REGION CENTRAL

Todas las Delegaciones del DISTRITO FEDERAL.

Municipios del Estado de MEXICO: Tultepec, Tultitlán Ixtapaluca, Chalco de Díaz, Covarrubias, Huixquilucan de Degollado, San Mateo Atenco, Toluca, Santa Cruz Atizapán, Cuautitlán, Coacalco, Cuatitlán Izcalli, Atizapán de Zaragoza, Tlanepantla, Naucalpan de Juárez, Ecatepec, Chimalhuacán, Chicoloapan, Texcoco, Ciudad de Netzahualcóyotl, Los Reyes La Paz.

Municipios del Estado de MORELOS: Cuernavaca.

- REGION SUR

Todos los municipios de los Estados de:

NAYARIT, JALISCO, COLIMA, MICHOACAN, AGUASCALIENTES, GUANAJUATO, QUERETARO, HIDALGO, GUERRERO, TLAXCALA, PUEBLA, OAXACA, CHIAPAS, TABASCO.

Todos los municipios de los Estados de:

ZACATECAS, SAN LUIS POTOSI y VERACRUZ no comprendidos en la REGION NORTE o en la REGION NORESTE.

Todos los municipios de los Estados de MEXICO y MORELOS no comprendidos en la REGION CENTRAL.

- REGION PENINSULAR

Todos los municipios de los Estados de: YUCATAN, CAMPECHE y QUINTANA ROO.

## 6. TARIFA O-M

TARIFA ORDINARIA PARA SERVICIO GENERAL EN MEDIA TENSION, CON DEMANDA MENOR A 500 kW.

6.1 APLICACION. Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda menor a 500 kW.

6.2 CUOTAS APLICABLES EN EL PERIODO DE ENERO DE 1996 A NOVIEMBRE DE 1998

*Tabla B.4 Cargos en la tarifa O-M por demanda máxima medida y por la energía consumida (región sur)<sup>4</sup>.*

Región Sur	Cargo por kilowatt de demanda máx. medida	Cargo por kilowatt-hora de energía consumida.
Ene-96	0.15101	25.7
Feb-96	0.15282	26.008
Mar-96	0.15465	26.32
Abr-96	0.1678	28.557
May-96	0.16981	28.9
Jun-96	0.17185	29.247
Jul-96	0.17391	29.598
Ago-96	0.176	29.953
Sep-96	0.17811	30.312
Oct-96	0.18025	30.676
Nov-96	0.18241	31.044
Región Sur	Cargo por kilowatt de demanda máx. medida	Cargo por kilowatt-hora de energía consumida.
Dic-96	0.28735	39.95
Ene-97	0.30841	42.878
Feb-97	0.32078	44.597
Mar-97	0.31529	43.834
Abr-97	0.30754	42.756
May-97	0.29884	41.546
Jun-97	0.30697	42.676
Jul-97	0.31231	43.419
Ago-97	0.31496	43.788
Sep-97	0.31584	43.911
Oct-97	0.32336	44.956
Nov-97	0.33225	46.192
Dic-97	0.33886	47.111
Ene-98	0.34316	47.709

<sup>4</sup> CONAE, 2000, Página electrónica.

Región Sur	Cargo por kilowatt de demanda máx. medida	Cargo por kilowatt-hora de energía consumida.
Feb-98	0.33479	46.545
Mar-98	0.33358	46.377
Abr-98	0.33652	46.785
May-98	0.33215	46.177
Jun-98	0.32896	45.734
Jul-98	0.33389	46.42
Ago-98	0.33997	47.265
Sep-98	0.34177	47.516
Oct-98	0.34129	47.449
Nov-98	0.36405	50.614
PROM.	0.27633	40.072

### 6.3 MINIMO MENSUAL.

El importe que resulta de aplicar 10 (diez) veces el cargo por kilowatt de demanda máxima medida.

### 6.4 DEMANDA CONTRATADA.

La Demanda Contratada la fijará inicialmente el usuario; su valor no será menor del 60% (sesenta por ciento) de la carga total conectada, ni menor de 20 kilowatts o la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En el caso de que el 60% (sesenta por ciento) de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 90% (noventa por ciento).

### 6.5 TEMPORADAS DE VERANO Y FUERA DE VERANO.

Para la aplicación de las cuotas aplicables en las regiones Baja California, Baja California Sur y Noroeste se definen las siguientes temporadas:

Verano:

Región Baja California: del 1° de mayo, al sábado anterior al último domingo de octubre.

Región Baja California Sur: del primer domingo de abril, al sábado anterior al último domingo de octubre.

Noroeste: del 16 de mayo, al sábado anterior al último domingo de octubre.

Fuera de Verano:

Región Baja California: del último domingo de octubre, al 30 de abril.

Región Baja California Sur: del último domingo de octubre, al sábado anterior al primer domingo de abril.

Región Noroeste: del último domingo de octubre, al 15 de mayo.

#### 6.6 DEMANDA MAXIMA MEDIDA.

La Demanda Máxima Medida se determinará mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda media en kilowatts, durante cualquier intervalo de 15 (quince) minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 (quince) minutos en el periodo de facturación.

Cualquier fracción de kilowatt de Demanda Máxima Medida se tomará como kilowatt completo.

Cuando la Demanda Máxima Medida exceda de 500 kilowatts, el usuario deberá solicitar al suministrador su incorporación a la tarifa H-M. De no hacerlo, al tercer mes consecutivo en que exceda la demanda de 500 kilowatts, será reclasificado por el suministrador en la tarifa H-M, notificándole al usuario.

#### 6.7 DEPOSITO DE GARANTIA.

2 (dos) veces el importe que resulte de aplicar el cargo por demanda máxima medida a la demanda contratada.

Nota: Las cuotas indicadas se determinan conforme a lo dispuesto en el Acuerdo de Autorización de Ajuste y Modificación, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 15 de noviembre de 1996

### 7. TARIFA HM

TARIFA HORARIA PARA SERVICIO GENERAL EN MEDIA TENSION, CON DEMANDA DE 100 kW O MAS.

#### 7.1 APLICACION.

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda de 100 kilowatts o más.

## 7.2 CUOTAS APLICABLES EN EL MES DE

Tabla B.5 Cargos en la tarifa H-M por demanda facturable, y por la energía de base, intermedia y punta.

mes	kWh			kW
	base	intermedia	punta	
Dic-98	0.25818	0.31081	0.99493	\$53.786
Ene-99	0.25833	0.31100	0.99553	\$53.818
Feb-99	0.25531	0.30736	0.98388	\$53.188
Mar-99	0.25577	0.30791	0.98565	\$53.284
Abr-99	0.25475	0.30668	0.98171	\$53.071
May-99	0.25427	0.30610	0.97984	\$52.970
Jun-99	0.25956	0.31247	1.00022	\$54.072
Jul-99	0.26498	0.31900	1.02112	\$55.202
Ago-99	0.27126	0.32656	1.04532	\$56.510
Sep-99	0.27734	0.33387	1.06874	\$57.776
Oct-99	0.28829	0.34706	1.11096	\$60.058
Nov-99	0.29045	0.34966	1.11929	\$60.508
Dic-99	0.29832	0.35914	1.14962	\$62.148
Ene-00	0.29889	0.35982	1.15180	\$62.266
Feb-00	0.29142	0.35082	1.12301	\$60.709
Mar-00	0.29503	0.35517	1.13694	\$61.462
Abr-00	0.30211	0.36369	1.16423	\$62.937
May-00	0.31250	0.37620	1.20428	65.102
Jun-00	0.31584	0.38023	1.21717	\$65.799

## 7.3 MINIMO MENSUAL.

El importe que resulta de aplicar el cargo por kilowatt de demanda facturable al 10% de la Demanda Contratada.

## 7.4 DEMANDA DE POTENCIA CONTRATADA.

La Demanda de Potencia Contratada la fijará inicialmente el usuario; su valor no será menor del 60% (sesenta por ciento) de la carga total conectada, ni menor de 100 kilowatts o de la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En el caso de que el 60% (sesenta por ciento) de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 90% (noventa por ciento).

### 7.5 HORARIO.

Para los efectos de la aplicación de esta tarifa, se utilizarán los horarios locales oficialmente establecidos. Por días festivos se entenderán aquellos de descanso obligatorio, establecidos en el artículo 74 de la Ley Federal del Trabajo, a excepción de la fracción IX, así como los que se establezcan por Acuerdo Presidencial.

### 7.6 PERIODOS DE PUNTA, INTERMEDIO Y BASE.

Estos periodos se definen en cada una de las regiones tarifarias para distintas temporadas del año, como se describe a continuación.

Regiones Central, Noreste, Norte y Sur

*Tabla B.6 Distribución de los periodos horarios del primer domingo de abril, al sábado anterior al último domingo de octubre*

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 20:00 22:00 - 24:00	20:00 - 22:00
Sábado	0:00 - 7:00	7:00 - 24:00	
Domingo y festivo	0:00 - 19:00	19:00 - 24:00	

*Tabla B.7 Distribución de los periodos horarios del último domingo de octubre, al sábado anterior al primer domingo de abril*

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00
Sábado	0:00 - 8:00	8:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00
Domingo y festivo	0:00 - 18:00	18:00 - 24:00	

### 7.7 DEMANDA FACTURABLE.

La Demanda Facturable se define como se establece a continuación:

$$DF = DP + FRI \times \max(DI - DP, 0) + FRB \times \max(DB - DPI, 0) \quad (B-1)$$

Donde:

DP es la Demanda Máxima Medida en el Periodo de Punta

DI es la Demanda Máxima Medida en el Periodo Intermedio

DB es la Demanda Máxima Medida en el Periodo de Base

DPI es la Demanda Máxima Medida en los Periodos de Punta e Intermedio

FRI y FRB son factores de reducción que tendrán los siguientes valores, dependiendo de la región tarifaria:

Región	FRI	FRB
Sur	0.300	0.150

En las fórmulas que definen las Demandas Facturables, el símbolo "max" significa máximo, es decir, que cuando la diferencia de demandas entre paréntesis sea negativa, ésta tomará el valor cero.

Las Demandas Máximas Medidas en los distintos periodos se determinarán mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda media en kilowatts, durante cualquier intervalo de 15 (quince) minutos del periodo en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 (quince) minutos en el periodo correspondiente.

Para las regiones Baja California, Baja California Sur y Noroeste, DP tomará el valor cero durante la temporada que no tiene Periodo de Punta.

Cualquier fracción de kilowatt de Demanda Facturable se tomará como kilowatt completo.

Cuando el usuario mantenga durante 12 meses consecutivos valores de DP, DI y DB inferiores a 100 kilowatts, podrá solicitar al suministrador su incorporación a la tarifa O-M.

## 7.8 ENERGIA DE PUNTA, INTERMEDIA Y DE BASE.

Energía de Punta es la energía consumida durante el Periodo de Punta. Energía Intermedia es la energía consumida durante el Periodo Intermedio. Energía de Base es la energía consumida durante el Periodo de Base.

## 7.9 DEPOSITO DE GARANTIA.

2 (dos) veces el importe que resulte de aplicar el cargo por demanda facturable a la demanda contratada.

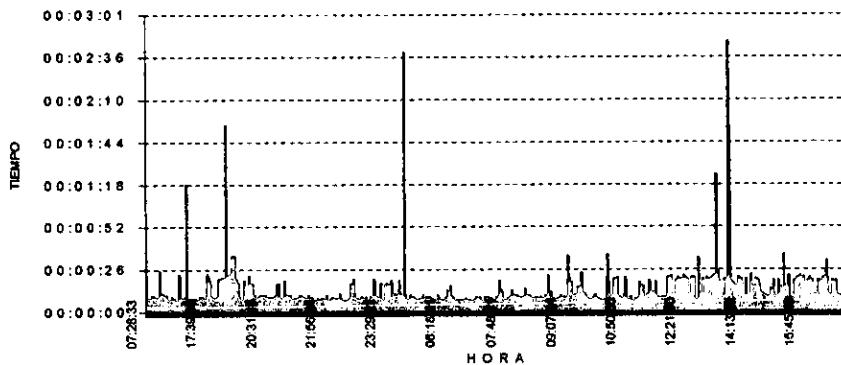
Nota: Las cuotas indicadas se determinan conforme a lo dispuesto en el Acuerdo de Autorización de Ajuste y Modificación, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 1998

## ANEXO "C"

### Cálculo de la producción de vapor en las calderas del hospital.

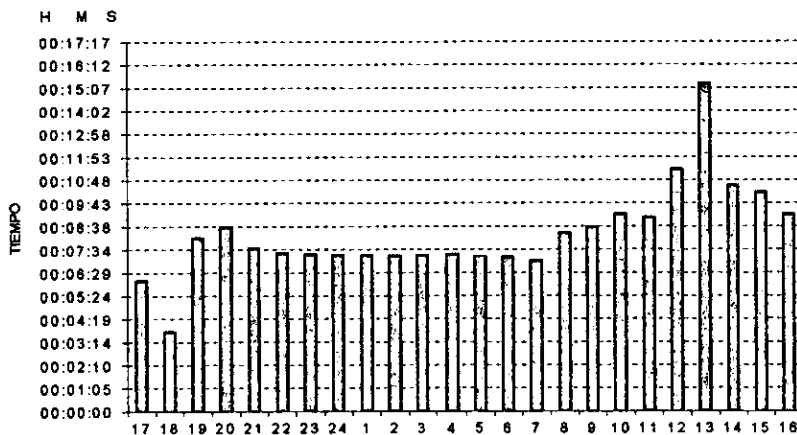
El 21 de enero del 2000 se hicieron las mediciones del flujo de las bombas de las calderas 2 y 3, utilizamos un medidor de flujo ultrasónico<sup>1</sup>, los resultados se plasmaron en la *tabla C.2*. Las mediciones del tiempo de trabajo de las bombas se efectuó los días 14-17 de febrero del 2000. Como se quería obtener datos de por lo menos 24 horas de trabajo solamente se logró de la hora 17:00 del 16 de febrero hasta la hora 16:00 del 17 de febrero. Los datos se muestran en las *gráficas C.1, C.2, C.3 y C.4* y se encuentran registrados en las *tablas C.1 y C.2*

*Gráfica C.1 Trabajo de la bomba de agua de alimentación a la caldera 2*



FUENTE: Mediciones propias (16-17 febrero 2000)

*Gráfica C.2 Trabajo de la bomba de alimentación de agua de la caldera 2 (tiempo acumulado por hora)*



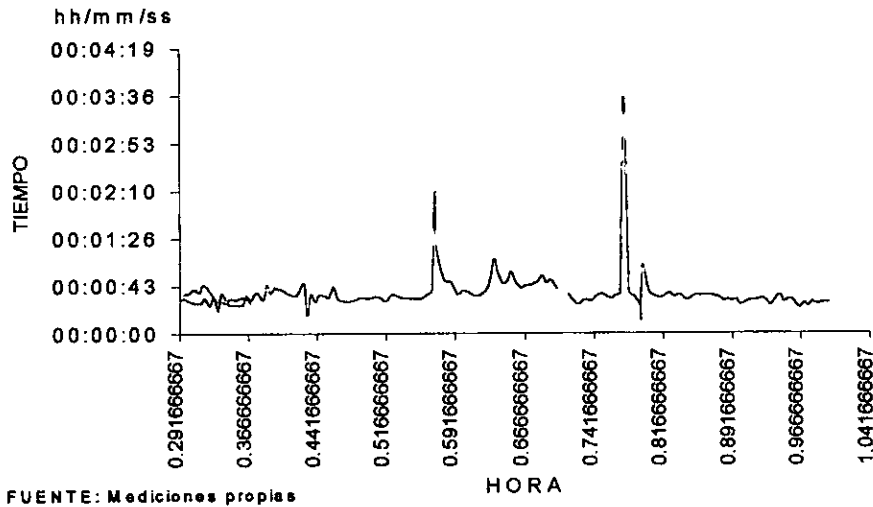
FUENTE: Mediciones propias

HORA

<sup>1</sup> Medidor de Flujo (Ultrasound Flowmeter) Marca: Dynasonic, Inc. Modelo: M3-902



Gráfica C.3 Trabajo de la bomba de agua de alimentación a la caldera 3



Gráfica C.4 Trabajo de la bomba de alimentación de agua a la caldera 2 (tiempo acumulado por hora)

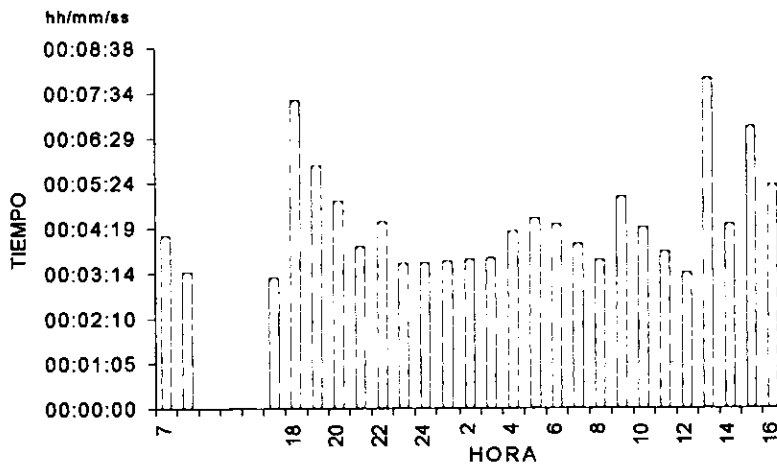


Tabla C.1 Tiempo de trabajo de las bombas de alimentación de agua a calderas (Concentrado).

EQUIPO	MEDICIÓN DEL TRABAJO DE BOMBAS			MEDICIONES DE FLUJO DE AGUA		
	FECHA	TIEMPO	RESULTADOS	FECHA	NÚMERO	RESULTADOS
Caldera 2	16 -17 febrero 2000	24 horas	trabaja 3:28:07 hrs.	21/01/00	3	35.31 lpm
Cadera 3		24 horas	trabaja 1:48:17 hrs		3	158.6 lpm

*Tabla C.2 Tiempo de trabajo de las bombas de alimentación de agua a calderas (registro horario).*

FECHA	HORA	Bomba		FECHA	HORA	Bomba	
		Caldera 2	Caldera 3			Caldera 2	Caldera 3
16-Feb	7	0:02:39	0:04:07	17-Feb	4	0:07:20	0:04:13
16-Feb	8	00:06:36	00:03:15	17-Feb	5	0:07:15	0:04:32
16-Feb	17	00:06:07	00:03:07	17-Feb	6	0:07:13	0:04:23
16-Feb	18	0:03:43	0:07:22	17-Feb	7	0:07:02	0:03:55
16-Feb	19	0:08:07	0:05:48	17-Feb	8	0:08:20	0:03:32
16-Feb	20	0:08:38	0:04:57	17-Feb	9	0:08:37	0:05:02
16-Feb	21	0:07:39	0:03:52	17-Feb	10	0:09:14	0:04:19
16-Feb	22	0:07:25	0:04:27	17-Feb	11	0:09:03	0:03:44
16-Feb	23	0:07:20	0:03:27	17-Feb	12	0:11:20	0:03:13
16-Feb	24	0:07:19	0:03:28	17-Feb	13	0:15:19	0:07:53
17-Feb	1	0:07:18	0:03:30	17-Feb	14	0:10:33	0:04:23
17-Feb	2	0:07:16	0:03:33	17-Feb	15	0:10:13	0:06:43
17-Feb	3	0:07:18	0:03:35	17-Feb	16	0:09:13	0:05:19
					TOTAL	3:28:07	1:55:39

En el momento de las mediciones las calderas 2 y 3 estaban trabajando en forma continua, mientras que la caldera 1 estaba parada por mantenimiento mayor. Es importante señalar que en el tiempo programado para hacer estas mediciones, las condiciones de operación fueron adversas y solamente se logró obtener un lapso de 24 horas en trabajo normal y continuo. Los picos de las gráficas arriba presentadas traducen la realización de las purgas por los operadores.

## ANEXO "E"

### PROGRAMA PARA EL CÁLCULO DE COLECTORES

(\* Simulación de un Sistema Solar Térmico de calentamiento  
de agua para el conjunto del IMSS en Ags.\*)

Uses

Crt,printer;

Const

Isc= 4921.2;

Flc= 81.5; (\*Kg/m<sup>2</sup>\*)

Cpw= 4190; (\*J/Kg.K\*)

Var

Ac,Cuenta,tao,tul,i,j,hora,beta:integer;

dia,mes :array[1..12] of integer;ft:array[0..24] of real;

Qtmes,Qauxmes,Qumes,Qlmes,Efid,tmax,tmin,Declinacion:array[1..12] of real;

tandclinacion,x1,ws,H,a,b:array[1..12] of real;

Tl,Ltotal,Qutil,sumQutil,sumQl,sumQaux:real;

Tta,Tls,sumGt:real;

Ql,Qaux,Ts,Rt,G,costeta,teta,czenic,zenic,Rb,Gt,

Qt,Qp,tamb,tap,efi,Qutil:array[1..12,0..24] of real;

Qaux\_anual,Qu\_anual,Ql\_anual,QLt,Fs,UA,altura,masa,volumen,radio,At,Quon,

X4,sin2,sen2, tan1,tan2,tanl1,tanl2:real;

localidad:string;

Al, Alfa,Rod,tanlatitud,latitud,Longitud,Altitud:real;

Delta,X2,X3,FrTa,FrUl,U,rt3,rt1,rt2:real;

L,Angw: Array[0..24] of Real;

aa:char;

Fc:text;

Procedure pulse;

Begin

TextColor(3);

gotoXY(48,24);

Write('Pulse una tecla para continuar');

aa:=readkey;

TextColor(7);

Clrscr;

End;

```

Procedure Declangh;
  (* Determinacion de la declinacion solar *)

Begin
  Clrscr;
  gotoXY(10,1);
  Writeln;
  textbackground(red);
  Writeln(' Datos Meteorol6gicos ');
  textbackground(0);
  Write(' Localidad      = ');Readln (Localidad);
  Write(' Latitud  (ø.min) = '); Readln(Latitud);
  Write(' Longitud  (ø.min) = ');Readln (Longitud);
  Write(' Altitud (m.s.n.m) = ');Readln (Altitud);
  Writeln(' Determinaci6n de la Declinaci6n Solar ');
  Writeln;
  for i:=1 to 12 do
  Begin
  case i of
  1:Begin
    Mes[i]:=1;
    Dia[i]:=17;
    Tmax[i]:=27;
    Tmin[i]:=-4;
    H[i]:=16.2;
    End;
  2:Begin
    Mes[i]:=2;
    Dia[i]:=47;
    Tmax[i]:=29.4;
    Tmin[i]:=-3;
    H[i]:=18.72;
    End;
  3:Begin
    Mes[i]:=3;
    Dia[i]:=75;
    Tmax[i]:=30.2;
    Tmin[i]:=4.6;
    H[i]:=21.24;
    End;
  4:Begin
    Mes[i]:=4;
    Dia[i]:=105;
    Tmax[i]:=35.4;
    Tmin[i]:=8;
    H[i]:=23.76;
    End;
  
```

```
5:Begin
  Mes[i]:=5;
  Dia[i]:=135;
  Tmax[i]:=34;
  Tmin[i]:=5;
  H[i]:=25.92;
End;
6:begin
  Mes[i]:=6;
  Dia[i]:=162;
  Tmax[i]:=33.4;
  Tmin[i]:=10.8;
  H[i]:=22.68;
End;
7:Begin
  Mes[i]:=7;
  Dia[i]:=198;
  Tmax[i]:=31;
  Tmin[i]:=7.8;
  H[i]:=21.96;
End;
8:Begin
  Mes[i]:=8;
  Dia[i]:=228;
  Tmax[i]:=30;
  Tmin[i]:=8.8;
  H[i]:=21.24;
End;
9:Begin
  Mes[i]:=9;
  Dia[i]:=258;
  Tmax[i]:=31.4;
  Tmin[i]:=6.8;
  H[i]:=20.52;
End;
10:Begin
  Mes[i]:=10;
  Dia[i]:=288;
  Tmax[i]:=30;
  Tmin[i]:=-2;
  H[i]:=18.36;
End;
```

```

11:Begin
  Mes[i]:=11;
  Dia[i]:=318;
  Tmax[i]:=26;
  Tmin[i]:=-2;
  H[i]:=17.28;
End;
12:Begin
  Mes[i]:=12;
  Dia[i]:=344;
  Tmax[i]:=28;
  Tmin[i]:=-4.4;
  H[i]:=14.4;
End;
End;{del case}
declinacion[i]:=23.45*Sin(360*((284+dia[i])/365)*(pi/180));
tandclinacion[i]:=sin(declinacion[i]*pi/180)/cos(declinacion[i]*pi/180);
tanlatitud:= sin(Latitud*pi/180)/cos(Latitud*pi/180);
x1[i]:=-tandclinacion[i]*tanlatitud;
ws[i]:=ArcTan((sqrt(1-sqr(x1[i])))/x1[i])*180/pi;
if ws[i]<0 then ws[i]:=180+ws[i];
  Writeln('Mes = ',Mes[i]:2,' Dia = ',Dia[i]:3,' Ws = ',ws[i]:3:2,' Declinaci3n =
',Declinacion[i]:3:1);
  pulse;
End;{del for de meses}
End;

```

Procedure Datos;

Begin

```

  Clrscr;
  TextBackground(red);
  gotoXY(10,2);
  Writeln('    Datos del colector solar    ');
  TextBackground(0);
  Textcolor (7);
  Write('    Angulo de inclinaci3n del colector. (§) = '); Readln(beta);
  Write('    Temperatura del agua en el TA en la hora cero (§C) = ');Readln(tta);
  Write('    Temperatura de demanda    (§C) = '); Readln(Tl);
  Write('    Temperatura de retorno al TA (§C) = '); Readln(Tls);
  Write('    Factor Fr(Taoalfa)    = ');Readln(FrTa);
  Write('    Factor FrUl (W/m2øC)    = ');Readln(FrUl);
  FrUl:=FrUl*3.6/1000;
  Writeln('    Coeficientes de perdidas del TA (U= 0.395 W/m2øC) ');
  U:=0.395*3.6/1000;
  pulse;
End;

```

Procedure RadplanoH;

Begin

clrscr;

for i:= 1 to 12 do

begin

gotoXY(10,1);

Writeln;

textbackground(1);

Writeln;

Writeln(' Determinación de la Radiación Total horaria MJ/m<sup>2</sup> ');

Writeln;

textbackground(0);

Writeln('Para el dia...',dia[i],' del mes...',mes[i],'');

Writeln;

a[i]:=0.4090+0.5016\*sin((Ws[i]-60)\*pi/180);

b[i]:=0.6609-0.4767\*sin((Ws[i]-60)\*pi/180);

Angw[0]:=-180;

for j:=1 to 23 do

Angw[j]:=Angw[j-1]+15;

for hora := 0 to 23 do

begin

Rt1:=(pi/24)\*(a[i]+b[i]\*cos(angw[hora]\*pi/180));

Rt2:=((cos(angw[hora]\*pi/180)-cos(ws[i]\*pi/180))/(sin(ws[i]\*pi/180)-  
(pi\*ws[i]/180\*cos(ws[i]\*pi/180)));

Rt[i,hora]:=Rt1\*rt2;

if (Rt[i,hora]<0) or (Abs(angw[hora])>Ws[i]) then Rt[i,hora]:=0;

G[i,hora]:=Rt[i,hora]\*H[i];

if G[i,hora]<0 then G[i,hora]:=0;

writeln('Hora = ',hora,' Rt(',i,',',hora,')= ',Rt[i,hora]:3:2,' G(',i,',',hora,')= ',G[i,hora]:3:2);

End;

pulse;

End;

ft[0]:=0.21;ft[1]:=0.17;ft[2]:=0.13;ft[3]:=0.09;ft[4]:=0.06;

ft[5]:=0.03;ft[6]:=0.0;ft[7]:=0.04;ft[8]:=0.09;ft[9]:=0.26;ft[10]:=0.57;

ft[11]:=0.75;ft[12]:=0.85;ft[13]:=0.93;ft[14]:=1.0;ft[15]:=0.96;ft[16]:=0.92;

ft[17]:=0.81;ft[18]:=0.69;ft[19]:=0.56;ft[20]:=0.43;ft[21]:=0.37;

ft[22]:=0.3;ft[23]:=0.25;

End;

```
Procedure RadplanoI;
```

```
Begin
```

```
  Clrscr;
```

```
  Delta:=latitud-beta;
```

```
  if latitud<0 then Delta:=latitud+beta;
```

```
  for i:= 1 to 12 do
```

```
    Begin
```

```
      Writeln;
```

```
      for hora := 0 to 23 do
```

```
        Begin
```

```
          costeta[i,hora]:=cos(delta*pi/180)*cos(declinacion[i]*pi/180)
```

```
          *cos(angw[hora]*pi/180)+sin(delta*pi/180)*sin(declinacion[i]*pi/180);
```

```
          X2:=costeta[i,hora];
```

```
          teta[i,hora]:=((Pi/2)-ArcTan(x2/(sqrt(1-sqr(x2)))))*180/pi;
```

```
          if teta[i,hora]<0 then teta[i,hora]:=180+teta[i,hora];
```

```
          czenic[i,hora]:=cos(latitud*pi/180)*cos(declinacion[i]*pi/180)
```

```
          *cos(angw[hora]*pi/180)+sin(latitud*pi/180)*sin(declinacion[i]*pi/180);
```

```
          X3:=czenic[i,hora];
```

```
          zenic[i,hora]:=ArcTan((sqrt(1-sqr(x3))/x3))*180/pi;
```

```
          if zenic[i,hora]<0 then zenic[i,hora]:=180+zenic[i,hora];
```

```
          Rb[i,hora]:= costeta[i,hora]/czenic[i,hora];
```

```
          if (costeta[i,hora]<0) or (czenic[i,hora]<0) then Rb[i,hora]:=0;
```

```
          Gt[i,hora]:=Rb[i,hora]*G[i,hora];
```

```
          {Modelo para la temperatura ambiente}
```

```
          Tamb[i,hora]:=Tmin[i]+(ft[hora]*(Tmax[i]-Tmin[i]));
```

```
          writeln('Hora = ',hora,'    Rt(',i,',',hora,')= ',Rt[i,hora]:3:2,'    GT(',i,',',hora,')= ',Gt[i,hora]:3:2);
```

```
        End;
```

```
      pulse;
```

```
    End;
```

```
End;
```

```
Procedure Emula;
```

```
label 11;
```

```
Begin
```

```
  Clrscr;
```

```
  sumQutil:=0;
```

```
  sumQl:=0;
```

```
  sumQaux:=0;
```

```
  sumGt:=0;
```

```
  Qaux_anual:=0;
```

```
  Qu_anual:=0;
```

```
  Ql_anual:=0;
```



```
{Tanque de almacenamiento}
```

```
Altura:=1.5>(*m*)
```

```
Masa:=Ac*Flc; (*Kg*)
```

```
Volumen:= Masa/1000;
```

```
Radio:=sqrt(volumen/(pi*Altura));
```

```
At:=2*pi*radio*(altura+radio/2);
```

```
UA:=U*At;
```

```
for i:=1 to 12 do
```

```
  Begin
```

```
    Cuenta:=0;
```

```
    L[hora]:=0;
```

```
    L[0]:=600;L[1]:=600;L[2]:=400;L[3]:=800;L[4]:=800;L[5]:=1800;
```

```
    L[6]:=2500;L[7]:=2900;L[8]:=3400;L[9]:=3600;L[10]:=3900;
```

```
    L[11]:=3900;L[12]:=3900;L[13]:=3000;L[14]:=2500;L[15]:=3000;
```

```
    L[16]:=3500;L[17]:=3500;L[18]:=3000;L[19]:=2700;
```

```
    L[20]:=2500;L[21]:=2400;L[22]:=1800;L[23]:=600;
```

```
  1:for hora:=0 to 23 do
```

```
    Begin
```

```
      {Colectores}
```

```
      If (i=1) and (hora=0) Then Ts[i,hora]:=Tta;
```

```
      {If (i=1) and (hora=0) Then Tap:=Tamb[i,hora]+5;}
```

```
      if (i>1) and (hora=0) Then Tap[i,hora]:=Tap[i-1,24];
```

```
      If (i>1) and (hora=0) Then Ts[i,hora]:=Ts[i-1,24];
```

```
      if Gt[i,hora]>0 then efi[i,hora]:=(0.96*FrTa)-(FrU1*(Ts[i,hora]-tamb[i,hora]))/(Gt[i,hora]);
```

```
      if Gt[i,hora]=0 then efi[i,hora]:=0;
```

```
      if efi[i,hora]<0 then efi[i,hora]:=0;
```

```
      Qutil[i,hora]:=efi[i,hora]*Ac*Gt[i,hora];
```

```
      {Control}
```

```
      Quon:=Ac*FrU1* 6;
```

```
      if Qutil[i,hora] < Quon then Qutil[i,hora]:=0;
```

```
      (*Valvula mezcladora y sistema auxiliar*)
```

```
      if Ts[i,hora]>=Tl then
```

```
        begin
```

```
          Ql[i,hora]:=L[hora]*4.19/1000*(Ts[i,hora]-Tls);
```

```
          Qaux[i,hora]:=0;
```

```
        end;
```

```
      if Ts[i,hora]<Tl then
```

```
        begin
```

```
          Ql[i,hora]:=L[hora]*4.19/1000*(Ts[i,hora]-Tls);
```

```
          Qaux[i,hora]:=L[hora]*4.19/1000*(Tl-Ts[i,hora]);
```

```
        end;
```

```
      Qt[i,hora]:=Qaux[i,hora]+Qutil[i,hora];
```

```
      Qp[i,hora]:=UA*(Ts[i,hora]-Tap[i,hora]);
```

```
      Ts[i,hora+1]:=Ts[i,hora]+(1/(masa*4.19/1000))*(Qutil[i,hora]-Ql[i,hora]-Qp[i,hora]);
```

```
      Tap[i,hora]:=Ts[i,hora]-(Qp[i,hora]/UA);
```

```
    End;
```

```

sumQutil:=0;
sumQaux:=0;
sumQl:=0;
sumGt:=0;

for hora:=0 to 23 do
begin
sumGt:=sumGt+Gt[i,hora];
sumQutil:=sumQutil+Qutil[i,hora];
sumQaux:=sumQaux+Qaux[i,hora];
sumQl:=sumQl+Ql[i,hora];
Writeln('Ts(',i,',',hora,') =',Ts[i,hora]:2:2);
end;
pulse;
Efid[j]:=sumQutil/(Ac*sumGt);
Writeln('efid= ',efid[j]:2:3);
Qauxmes[i]:= sumQaux*30.4;
Qumes[i]:=sumQutil*30.4;
Qlmes[i]:=sumQl*30.4;
Qtmes[i]:=Qauxmes[i]+Qumes[i];
Writeln('Energia auxiliar mensual = ',Qauxmes[i]:9:2,' MJ');
Writeln('Qutil mensual      = ',Qumes[i]:9:2,' MJ');
Writeln('Delta T24-T0 ',i,      =',(Ts[i,24]-Ts[i,0]):2:2);
Writeln('TA                = ',tta:2:2);
End;

for I:=1 to 12 do
begin
Qaux_anual:= Qaux_anual+Qauxmes[i];
Qu_anual:=Qu_anual+Qumes[i];
Ql_anual:=Ql_anual+Qlmes[i];
end;
QLt:=Qaux_anual+Ql_anual;
Fs:=Ql_anual/QLt;
clrscr;
Writeln('Ac = ',Ac:3);
Writeln('Qu_anual      :=',Qu_anual:9:2);
Writeln('Qaux_anual     :=',Qaux_anual:7:2);
Writeln('Qaux_anual+Ql_anual:= ',QLt:2:2);
Writeln('Fracción solar := ',Fs:2:4);
pulse;
End;
Procedure EscribeFile;
begin
case Ac of
300:Assign(Fc,'a:co1.dat');
350:Assign(Fc,'a:co2.dat');

```

```

400:Assign(Fc,'a:co3.dat');
450:Assign(Fc,'a:co4.dat');
500:Assign(Fc,'a:co5.dat');
550:Assign(Fc,'a:co6.dat');
600:Assign(Fc,'a:co7.dat');
650:Assign(Fc,'a:co8.dat');
700:Assign(Fc,'a:co9.dat');
750:Assign(Fc,'a:co10.dat');
end;

```

```

reWrite(Fc);
Writeln(Fc,'Fracc. solar= ',fs:4:2,' Area captaci n= ',Ac:4);
Writeln(Fc);
For I:=1 To 12 Do
begin
  Writeln(Fc,'Mes=',i:2);
  Writeln(Fc);
  Writeln(Fc,'Hora Gt Ts Efi Tamb Qutil Qaux Qt');
  for hora:=0 to 23 do
  begin
    Writeln(Fc,hora:3,' ',Gt[i,hora]:5:2,' ',Ts[i,hora]:5:2,' ',efi[i,hora]:4:2,' ',Tamb[i,hora]:6:2,' ',
    Qutil[i,hora]:8:2,' ',Qaux[i,hora]:8:2,' ',Qt[i,hora]:8:2);
  end;

  Writeln(Fc);
  Writeln(Fc,' Qumes Qauxmes Qtmes');
  Writeln(Fc,Qumes[i]/1000:7:2,' ',Qauxmes[i]/1000:7:2,' ',Qtmes[i]/1000:7:2);
  Writeln(Fc);
end;
Close(Fc);
end;
Begin{Programa Principal}
  Declangh;
  Datos;
  RadplanoH;
  RadplanoI;
  Ac:=300;
  repeat
    Emula;
    EscribeFile;
    Ac:=Ac+50;
    delay(100);
  until Ac>800;
End.(* Fin del programa*)

```

## ANEXO "F"

## CÁLCULOS Y DATOS DEL CAPÍTULO 4.

Tabla F.1 Detalles de cálculo de intercambiadores

Datos obtenidos de la figura 3.11 cap 3						
N°	DH	CP	Te	Ts	$\Phi$ (lpm)	MJ
C	19.7	2.408	85	76.82	34.52	621,259
L	19.7	2.58	55	62.64	36.99	621,259
C	7.31	2.408	76.82	73.78	34.52	230,528
AR	7.31	0.24	30	60.46	3.441	
C	69.31	2.408	73.78	45	34.52	2,185,760
AS	69.31	2.2	25	56.5	31.54	
AJ	17.6	0.53	85	51.79	7.599	555,034
ASL	17.6	0.59	25	54.83	8.459	
Con cambios convenientes <sup>1</sup>						
C	22	0.55	85	45	7.885	693,792
L <sup>2</sup>	22	2.58	55	63.53	36.99	
C <sup>3</sup>	7.31	0.24	85	54.54	3.441	230,528
AR	7.31	0.24	30	60.46	3.441	
C	67	1.618	85	43.59	23.2	2,112,912
AS	67	2.2	25	55.45	31.54	
Ahorro de energía						3,037,232

FUENTE: Datos propios

Tabla F.2 Datos técnicos de los intercambiadores de calor marca Armstrong<sup>4</sup>

N°. De Intercambiador	1	2	3
Tipo	Coraza y tubos		
Material de los tubos	Cobre -20ga		
Material de la coraza	Carbón stl		
Material de los baffles	Carbón stl		
Construcción	Según la norma ASME		
Área de intercambio (m <sup>2</sup> )	3.019	1.02	0.87
Condiciones de operación (m/s)			
Velocidad de lado de los tubos	< 0.36	< 1.13	< 0.3048
Velocidad de lado de la coraza	< 0.03	< 0.03	< 0.01
Modelo de fabricación :	W-0607-404-1	W-0407-403-1	W-0406-403-1

FUENTE: Cotización de Armstrong, 6 de noviembre de 2000

<sup>1</sup> El flujo de condensados se reparte proporcionalmente de acuerdo a la capacidad calorífica por transferir en cada intercambio. Con excepción al flujo de reposición de agua a calderas que se ajusta al flujo necesario.

<sup>2</sup> Aumentamos la capacidad calorífica a 22 kW

<sup>3</sup> El flujo de condensados se ajusta al flujo necesario de reposición de agua a calderas.

<sup>4</sup> Datos otorgados por Ingeniería y Mantenimiento Industrial, S.A. DE C.V., 4 de diciembre de 2000.

Tabla F.3 Elementos necesarios para la rehabilitación de la red de condensados

	Diámetro	Cantidad	Precio	Subtotal	Total
Trampas <sup>5</sup>	½"	20.00	\$295.70	\$5,913.97	\$13,036.73
	¾"	6.00	\$295.70	\$1,774.19	
	1"	8.00	\$668.57	\$5,348.57	
Filtros <sup>6</sup>	½"	20.00	\$40.32	\$806.46	\$1,574.74
	¾"	6.00	\$47.40	\$284.42	
	1"	8.00	\$60.48	\$483.87	
Válvulas <sup>7</sup>	½"	40.00	\$12.40	\$495.98	\$1,044.48
	¾"	12.00	\$16.34	\$196.06	
	1"	16.00	\$22.03	\$352.44	
		Longitud (m)			
Aislamientos <sup>8</sup>	½"	200.00	\$2.46	\$492.68	\$3,542.38
	¾"	100.00	\$2.56	\$256.39	
	1"	250.00	\$11.17	\$2,793.31	
Costo de mano de obra por instalación de aislamientos					\$ 1,771.18
Total (Dólares de dic. 2000)=					\$20,261.32
Inflación USA 1999 – 2000 (%)					2.7
Total (Dólares de dic. 1999)=					\$21,535.7
<b>FUENTE: Cálculos propios</b>					

<sup>5</sup> Según cotización N° 1710 de Euroval de Aguascalientes, S. A. De C. V.

<sup>6</sup> Según cotización N° 1710 de Euroval de Aguascalientes, S. A. De C. V.

<sup>7</sup> Según cotización N° 1710 de Euroval de Aguascalientes, S. A. De C. V.

<sup>8</sup> Según cotización de fecha 6 de noviembre de 2000 de Armstrong de México.

Tabla F.4 Escenarios de evolución de los precios del diesel

Año	Índice de precios (USA) <sup>9</sup>		Precio del diesel				Escenario (Dólar 1999) <sup>10</sup>			
	%	índice	(Dólar 1992) <sup>11</sup> Barril	Factor	(Dólar 1999) <sup>12</sup> (barril)	(litro)	Alto <sup>13</sup> (barril) <sup>16</sup>	Medio <sup>14</sup> (litro)	Bajo <sup>15</sup> (litros)	(litros)
1992	2.9	100	\$27.08		\$31.79	\$0.20				
1993	2.7	102.9	\$29.72	1.097	\$34.89	\$0.22				
1994	2.7	105.6	\$32.26	1.085	\$37.87	\$0.24				
1995	2.5	108.3	\$32.8	1.017	\$38.50	\$0.24				
1996	3.3	110.8	\$33.49	1.021	\$39.31	\$0.25				
1997	1.7	114.1	\$34.2	1.021	\$40.15	\$0.25				
1998	1.6	115.8	\$34.92	1.021	\$40.99	\$0.26				
1999	2.7	117.4	\$35.66	1.021	\$41.86	\$0.26	\$66.72	\$0.42	\$0.42	
2000		120.1	\$36.41	1.021	\$42.74	\$0.27	\$68.12	\$0.43	\$0.43	\$0.43
2001			\$37.53	1.031	\$44.06	\$0.28	\$70.22	\$0.44	\$0.43	\$0.43
2002			\$38.68	1.031	\$45.41	\$0.29	\$72.37	\$0.46	\$0.44	\$0.43
2003			\$39.86	1.031	\$46.79	\$0.29	\$74.58	\$0.47	\$0.44	\$0.43
2004			\$41.08	1.031	\$48.22	\$0.30	\$76.86	\$0.48	\$0.45	\$0.43
2005			\$42.34	1.031	\$49.70	\$0.31	\$79.22	\$0.50	\$0.46	\$0.43
2006			\$43.11	1.018	\$50.61	\$0.32	\$80.66	\$0.51	\$0.46	\$0.43
2007			\$43.9	1.018	\$51.53	\$0.32	\$82.14	\$0.52	\$0.47	\$0.43
2008			\$44.7	1.018	\$52.47	\$0.33	\$83.64	\$0.53	\$0.47	\$0.43
2009			\$45.51	1.018	\$53.42	\$0.34	\$85.15	\$0.54	\$0.47	\$0.43
2010			\$46.34	1.018	\$54.40	\$0.34	\$86.70	\$0.55	\$0.48	\$0.43
2011			\$47.23	1.019	\$55.44	\$0.35	\$88.37	\$0.56	\$0.48	\$0.43
2012			\$48.13	1.019	\$56.50	\$0.36	\$90.05	\$0.57	\$0.49	\$0.43
2013			\$49.05	1.019	\$57.58	\$0.36	\$91.77	\$0.58	\$0.49	\$0.43
2014			\$49.99	1.019	\$58.69	\$0.37	\$93.53	\$0.59	\$0.50	\$0.43
2015			\$50.95	1.019	\$59.81	\$0.38	\$95.33	\$0.60	\$0.50	\$0.43
2016			\$51.51	1.011	\$60.47	\$0.38	\$96.38	\$0.61	\$0.50	\$0.43
2017			\$52.08	1.011	\$61.14	\$0.38	\$97.44	\$0.61	\$0.51	\$0.43
2018			\$52.65	1.011	\$61.81	\$0.39	\$98.51	\$0.62	\$0.51	\$0.43
2019			\$53.23	1.011	\$62.49	\$0.39	\$99.59	\$0.63	\$0.51	\$0.43
2020			\$53.82	1.011	\$63.18	\$0.40	\$100.70	\$0.63	\$0.52	\$0.43
2021			\$54.41	1.011	\$63.87	\$0.40	\$101.80	\$0.64	\$0.52	\$0.43

FUENTE: Cálculos propios

<sup>9</sup> INEGI, 1994, P.164; INEGI, 1996,P.223; INEGI, 1998,P-278; INEGI, 2000,P.314.<sup>10</sup> 1 Dólar (1999) = \$ 9.46 [SHCP, 2000]<sup>11</sup> CFE, 1997, p.6.15<sup>12</sup> 1 Dólar (1999) = \$ 9.46 [SHCP, 2000]<sup>13</sup> Con los incrementos anuales del escenario propuesto por CFE (1997) y el precio real del diesel en México de diciembre de 1999 se elabora el escenario de precios para los próximos 20 años.<sup>14</sup> Este escenario se elabora con el inicio del escenario alto y se incrementa un 50% del porcentaje de incremento anual del escenario alto.<sup>15</sup> Este escenario se supone el precio permanece constante.<sup>16</sup> 1 Barril =158.9875 Litros [SE,1997,p.16].

Tabla F.5 Cálculo de los parámetros económicos de la rehabilitación de la red de condensados del conjunto del IMSS (con escenario de precios bajo).

Año	Diesel \$/litros)	VPN	TIR	B/C	
		Td=10 %	1.6781	Beneficio Td=10 %	Costo
0	\$0.42	0	0	0	\$25,144
1	\$0.42	\$38,363	\$15,757	\$38,363	\$1,918
2	\$0.42	\$34,876	\$5,884	\$34,876	\$1,744
3	\$0.42	\$31,705	\$2,197	\$31,705	\$1,585
4	\$0.42	\$28,823	\$820	\$28,823	\$1,441
5	\$0.42	\$26,203	\$306	\$26,203	\$1,310
6	\$0.42	\$23,821	\$114	\$23,821	\$1,191
7	\$0.42	\$21,655	\$43	\$21,655	\$1,083
8	\$0.42	\$19,686	\$16	\$19,686	\$984
9	\$0.42	\$17,897	\$6	\$17,897	\$895
10	\$0.42	\$16,270	\$2	\$16,270	\$813
VPN =		\$259,298	0	\$259,298	\$38,109
		TIR =	167.81	B/C =	6.8

FUENTE: Cálculos propios

Tabla F.6 Cálculo de los parámetros económicos para recuperar el calor de las aguas jabonosas de lavandería (con escenario de precios bajo).

Año	Diesel \$/litro)	VPN	TIR	B/C	
		Td=10 %	1.40566	Beneficio Td=10 %	Costo
0	\$0.42	0	0	0	\$5,361
1	\$0.42	\$6,977	\$3,135	\$7,675	\$384
2	\$0.42	\$6,342	\$1,304	\$7,675	\$384
3	\$0.42	\$5,766	\$542	\$7,675	\$384
4	\$0.42	\$5,242	\$225	\$7,675	\$384
5	\$0.42	\$4,765	\$94	\$7,675	\$384
6	\$0.42	\$4,332	\$39	\$7,675	\$384
7	\$0.42	\$3,938	\$16	\$7,675	\$384
8	\$0.42	\$3,580	\$7	\$7,675	\$384
9	\$0.42	\$3,255	\$3	\$7,675	\$384
10	\$0.42	\$2,959	\$1	\$7,675	\$384
VPN=		\$38,836	0	\$76,748	\$9,199
		TIR =	140.51%	B C =	8.34

FUENTE: Cálculos propios

Tabla F.7 Temperatura Ambiente de Aguascalientes en °C (1999)<sup>17</sup>

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
T.max	26.20	30.20	31.40	34.20	37.00	36.00	32.00	31.00	29.00	28.80	29.20	28.00	31.08
T.min	-2.00	-2.40	0.80	5.40	7.00	13.00	13.60	13.40	13.00	8.00	5.00	1.00	6.32

FUENTE: CNA, 2000

Tabla F.8 Datos del colector Sunway SM37-V

Descripción	Concepto	Dato
	Fabricante	Sunway de México, S.A de C.V. Ejercito Nacional 1162-PB, 11570 México DF Tel (52) 5395 0041, Fax (52) 5395 5771 sunway@mpsnet.com.mx
	Longitud	2.09 m
	Ancho	1.01 m
	Alto	0.076 m
	Área frontal	2.11 m <sup>2</sup>
	Área transparente	1.90 m <sup>2</sup>
	Capacidad volumétrica	1.95 Lt
	Peso	40 kg
	Patrón de flujo	Paralelo
Ecuaciones de eficiencia <sup>18</sup>	Primer orden	$\eta=63.0-593.8(T_i-T_a)/I$
	Segundo orden	$\eta=63.0-526.1(T_i-T_a)/I-1021.7((T_i-T_a)/I)^2$
Capacidad <sup>19</sup>	Temperatura Baja (35°C)	22,866 kJ/día
	Temperatura Media (50°C)	16,575 kJ/día
	Temperatura Alta (100°C)	2,618 kJ/día
Materiales	Caja	Marco y fondo de aluminio
	Cubierta	Vidrio templado de 4 mm
	Absorbedor	Tubo de cobre soldado a lámina de cobre, con recubrimiento de pintura selectiva negra.
	Aislamiento	Policianurato
Precio	Al 2 de octubre de 2000	\$ 1850.00 M.N.

FUENTE: Sunway de México, S.A de C.V.

<sup>17</sup> CNA, 2000.<sup>18</sup> Certificado según norma ASHRAE 93-77 por Florida Solar Energy Center (FSEC), 300 State Road 401, Cape Canaveral, Florida 32920, Tel (305) 783 0300<sup>19</sup> Valores corregidos por un factor de área (única diferencia entre el mod. SM37-V y el SM4-6)  
 $1.9/2.177=0.87$



Tabla F.9 Cálculo del periodo de recuperación de colectores solares planos

<b>DATOS DEL COLECTOR<sup>20</sup></b>	<b>CASO 1</b>	<b>CASO 2</b>
Tipo de colector	Sunway SM37-V	
Área por CSP (m <sup>2</sup> )	1.9	
Costo CSP (Dólares de 1999)	\$195.5	
<b>CONDICIONES PROPUESTAS</b>		
Temperatura del agua al inicio del ejercicio (°C).	45	40
Temperatura del agua demandada (°C).	60	50
Temperatura del agua de retorno (°C).	40	35
Temperatura del área de almacenamiento (°C).	30	30
Volumen de agua caliente (litros.)	57600	57600
<b>CÁLCULOS ECONÓMICOS</b>		
Área total (m <sup>2</sup> ) <sup>21</sup>	860	550
No. de CSP	453	289
Costo por CSP (dólares de dic.1999)	199.50	199.50
Costo de los CSP	90,373.50	57,655.50
Mano de obra y equipo <sup>22</sup>	135,560.25	86,483.25
Costo total	225,933.75	144,138.75
Ahorro anual de energía (MJ) <sup>23</sup>	2325530	1713248
Poder calorífico del diesel (MJ/Litros) <sup>24</sup>	36.04	36.04
Eficiencia de la caldera (%)	80	80
Combustible equivalente (Litros)	80657.9495	59421.75361
Costo del litro de diesel (dic.99) <sup>25</sup>	\$0.42	\$0.42
Ahorro económico anual (\$ dic.99)	\$33,849	\$24,937
Periodo de recuperación (años)	6.67	5.78
<b>FUENTE: Cálculos propios</b>		

<sup>20</sup> Datos otorgados por el fabricante C. Jorge Davila.

<sup>21</sup> Véase gráficas 4.4. y 4.9

<sup>22</sup> F. Manzini, 1999, p.2

<sup>23</sup> Véase gráficas 4.5 y 4.10

<sup>24</sup> SE, 1997, p.55

<sup>25</sup> Véase Tabla A.3 en anexos.

*Tabla F.10 Cálculo del Valor Presente Neto para los dos casos de colectores solares planos para el conjunto del IMSS.*

Año	VPN Caso 1			VPN Caso 2		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
	VPN	VPN	VPN	VPN	VPN	VPN
Costo	\$225,934	\$225,934	\$225,934	\$144,139	\$144,139	\$144,139
1	\$30,797	\$30,772	\$30,772	\$22,688	\$22,670	\$22,670
2	\$27,997	\$28,269	\$28,563	\$20,626	\$20,826	\$21,043
3	\$25,452	\$26,094	\$26,765	\$18,751	\$19,224	\$19,718
4	\$23,138	\$24,085	\$25,077	\$17,046	\$17,744	\$18,475
5	\$21,035	\$22,230	\$23,493	\$15,496	\$16,377	\$17,308
6	\$19,122	\$20,518	\$22,011	\$14,088	\$15,116	\$16,216
7	\$17,384	\$18,939	\$20,624	\$12,807	\$13,952	\$15,194
8	\$15,804	\$17,374	\$19,090	\$11,643	\$12,799	\$14,064
9	\$14,367	\$15,939	\$17,672	\$10,584	\$11,742	\$13,019
10	\$13,061	\$14,622	\$16,359	\$9,622	\$10,772	\$12,052
11	\$11,873	\$13,413	\$15,141	\$8,747	\$9,882	\$11,155
12	\$10,794	\$12,305	\$14,016	\$7,952	\$9,065	\$10,325
13	\$9,813	\$11,294	\$12,986	\$7,229	\$8,320	\$9,567
14	\$8,921	\$10,365	\$12,030	\$6,572	\$7,636	\$8,863
15	\$8,110	\$9,513	\$11,146	\$5,975	\$7,008	\$8,211
	\$31,732	\$49,797	\$69,811	\$45,687	\$58,995	\$73,740

FUENTE: Cálculos propios

*Tabla F.11 Cálculo de la Tasa Interna de Retorno para los dos casos de colectores solares planos para el conjunto del IMSS.*

Año	Caso 1			Caso 2		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
1	\$30,140	\$29,801	\$29,489	\$21,654	\$21,412	\$21,190
2	\$26,816	\$26,513	\$26,231	\$18,787	\$18,579	\$18,385
3	\$23,859	\$23,701	\$23,555	\$16,300	\$16,198	\$16,103
4	\$21,227	\$21,186	\$21,149	\$14,143	\$14,121	\$14,102
5	\$18,886	\$18,937	\$18,987	\$12,270	\$12,310	\$12,349
6	\$16,803	\$16,927	\$17,047	\$10,646	\$10,732	\$10,814
7	\$14,950	\$15,131	\$15,307	\$9,237	\$9,356	\$9,471
8	\$13,301	\$13,443	\$13,578	\$8,014	\$8,107	\$8,195
9	\$11,834	\$11,943	\$12,046	\$6,953	\$7,024	\$7,091
10	\$10,529	\$10,611	\$10,685	\$6,033	\$6,086	\$6,135
11	\$9,368	\$9,426	\$9,477	\$5,234	\$5,273	\$5,308
12	\$8,335	\$8,375	\$8,407	\$4,541	\$4,569	\$4,592
13	\$7,416	\$7,444	\$7,465	\$3,940	\$3,961	\$3,977
14	\$6,598	\$6,616	\$6,627	\$3,419	\$3,434	\$3,444
15	\$5,870	\$5,881	\$5,884	\$2,966	\$2,976	\$2,982
VPN	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
TIR	12.3958%	13.5844%	14.7861%	15.2568%	16.4627%	17.6833%

Tabla F.12 Cálculo del factor beneficio costo (B/C) para los dos casos de colectores solares planos para el conjunto del IMSS.

Año	Caso 1						Caso 2					
	bajo		medio		Alto		bajo		medio		alto	
	Beneficio	Costo	Beneficio	Costo	Beneficio	Costo	Beneficio	Costo	Beneficio	Costo	Beneficio	Costo
-1		\$225,934		\$225,934		\$225,934		\$144,139		\$144,139		\$144,139
0	\$30,797	\$1,540	\$30,772	\$1,539	\$30,772	\$1,539	\$22,688	\$1,134	\$22,670	\$1,134	\$22,670	\$1,134
1	\$27,997	\$1,400	\$28,269	\$1,413	\$28,563	\$1,428	\$20,626	\$1,031	\$20,826	\$1,041	\$21,043	\$1,052
2	\$25,452	\$1,273	\$26,094	\$1,305	\$26,765	\$1,338	\$18,751	\$938	\$19,224	\$961	\$19,718	\$986
3	\$23,138	\$1,157	\$24,085	\$1,204	\$25,077	\$1,254	\$17,046	\$852	\$17,744	\$887	\$18,475	\$924
4	\$21,035	\$1,052	\$22,230	\$1,111	\$23,493	\$1,175	\$15,496	\$775	\$16,377	\$819	\$17,308	\$865
5	\$19,122	\$956	\$20,518	\$1,026	\$22,011	\$1,101	\$14,088	\$704	\$15,116	\$756	\$16,216	\$811
6	\$17,384	\$869	\$18,939	\$947	\$20,624	\$1,031	\$12,807	\$640	\$13,952	\$698	\$15,194	\$760
7	\$15,804	\$790	\$17,374	\$869	\$19,090	\$954	\$11,643	\$582	\$12,799	\$640	\$14,064	\$703
8	\$14,367	\$718	\$15,939	\$797	\$17,672	\$884	\$10,584	\$529	\$11,742	\$587	\$13,019	\$651
9	\$13,061	\$653	\$14,622	\$731	\$16,359	\$818	\$9,622	\$481	\$10,772	\$539	\$12,052	\$603
10	\$11,873	\$594	\$13,413	\$671	\$15,141	\$757	\$8,747	\$437	\$9,882	\$494	\$11,155	\$558
11	\$10,794	\$540	\$12,305	\$615	\$14,016	\$701	\$7,952	\$398	\$9,065	\$453	\$10,325	\$516
12	\$9,813	\$491	\$11,294	\$565	\$12,986	\$649	\$7,229	\$361	\$8,320	\$416	\$9,567	\$478
13	\$8,921	\$446	\$10,365	\$518	\$12,030	\$602	\$6,572	\$329	\$7,636	\$382	\$8,863	\$443
14	\$8,110	\$405	\$9,513	\$476	\$11,146	\$557	\$5,975	\$299	\$7,008	\$350	\$8,211	\$411
VP	\$257,666	\$238,817	\$275,730	\$239,720	\$295,744	\$240,721	\$189,826	\$153,630	\$203,134	\$154,295	\$217,879	\$155,033
B/C		1.0789		1.1502		1.2286		1.2356		1.3165		1.4054

FUENTE: Cálculos propios

Tabla G.1 Existing

## EXISTING LIGHTING/BALLAST COMBOS

Edificio	Piso	Área	Niveles	Código	Número	Potencia	Potencia	Factor	Factor	Demanda	Tiempo	Uso
			Promedio de Iluminación	Balastro/ Lámpara Código	de Gabinetes Número	por Gabinete Watt	Total Watt	de Coincidencia por mes	de uso de Demanda	Anual Promedio kW/año	Anual de Uso h/año	Total de Energía kWh/año
2° de trauma	2	PASILLO	71	19	7	75	525	100%	100%	6.30	4,320	2,268.0
2° de trauma	2	BAÑO DAMAS	364	19	2	75	150	100%	100%	1.80	1,800	270.0
2° de trauma	2	BAÑO DAMAS	315	42	1	15	15	100%	100%	0.18	1,800	27.0
2° de trauma	2	DESCANSO MED.	324	19	4	75	300	100%	100%	3.60	4,320	1,296.0
2° de trauma	2	AUDIOVISUAL	28	42	1	15	15	100%	100%	0.18	2,880	43.2
2° de trauma	2	SEPTICO	63	43	1	75	75	100%	100%	0.90	4,320	324.0
2° de trauma	2	BAÑO HOMBRES	513	19	2	75	150	100%	100%	1.80	1,800	270.0
2° de trauma	2	R. ANESTESIA	150	42	2	15	30	100%	100%	0.36	4,320	129.6
2° de trauma	2	R. ANESTESIA	258	76	2	20	40	100%	100%	0.48	4,320	172.8
2° de trauma	2	OF. SERVICIOS G.	185	42	2	15	30	100%	100%	0.36	3,168	95.0
2° de trauma	2	OF. SERVICIOS G.	61	76	2	20	40	100%	100%	0.48	3,168	126.7
2° de trauma	2	ENSEÑANZA	310	42	2	15	30	100%	100%	0.36	3,168	95.0
2° de trauma	2	ENSEÑANZA	580	76	3	20	60	100%	100%	0.72	3,168	190.1
2° de trauma	2	JEFE DE ANESTESIA	450	76	3	20	60	100%	100%	0.72	3,168	190.1
2° de trauma	2	JEFE DE ANESTESIA	169	42	2	15	30	100%	100%	0.36	3,168	95.0
2° de trauma	2	EPIDEMIOLOGÍA	562	76	3	20	60	100%	100%	0.72	3,168	190.1
2° de trauma	2	EPIDEMIOLOGÍA	245	42	2	15	30	100%	100%	0.36	3,168	95.0
2° de trauma	2	JEFE TRAUMA	277	76	3	20	60	100%	100%	0.72	3,168	190.1
2° de trauma	2	JEFE TRAUMA	107	42	2	15	30	100%	100%	0.36	3,168	95.0
2° de trauma	2	SALA DE ESPERA	145	19	1	75	75	100%	100%	0.90	8,640	648.0
2° de trauma	2	PASILLO ELEVADOR	89	19	1	75	75	100%	100%	0.90	8,640	648.0
2° de trauma	2	PASILLO ELEVADOR	371	21	2	174	348	100%	100%	4.18	8,640	3,006.7
2° de trauma	2	DESCANSO ESC.1°a2°	181	19	3	75	225	100%	100%	2.70	8,640	1,944.0
Almacén	PB	GENERAL	181	19	30	75	2,250	100%	92%	24.84	1,920	4,320.0
Alojamiento conjunto	PB	ENCAMADO 12	60	19	1	75	75	100%	100%	0.90	8,640	648.0
Alojamiento conjunto	PB	CENTRAL ENFERMERAS	144	19	2	75	150	100%	100%	1.80	8,640	1,296.0

FUENTE: Herramienta de cálculo utilizada por el Área de Ingeniería en Recursos Energéticos de la UAM.

Tabla G.2 Proposed

**PROPOSED LIGHTING**

Edificio	Piso	Área	Balastro/ Lámpara Código	Porcentaje		Potencia	Potencia	Demanda	Ahorro	Uso	Energía
				Respecto a Los Lúmenes Actuales	de Gabinetes No.	Por Gabinete Watt	Total WattS	Promedio Anual kW/año	en Demanda kW/año	Propuesto de Energía kWh/año	Ahorrada kWh/año
2° de trauma	2	PASILLO	19	100%	7	75	525	6.30	0.00	2,268	0
2° de trauma	2	BAÑO DAMAS	19	100%	2	75	150	1.80	0.00	270	0
2° de trauma	2	BAÑO DAMAS	42	100%	1	15	15	0.18	0.00	27	0
2° de trauma	2	DESCANSO MED.	19	100%	4	75	300	3.60	0.00	1,296	0
2° de trauma	2	AUDIOVISUAL	42	100%	1	15	15	0.18	0.00	43	0
2° de trauma	2	SEPTICO	42	77%	1	15	15	0.18	0.72	65	259
2° de trauma	2	BAÑO HOMBRES	19	100%	2	75	150	1.80	0.00	270	0
2° de trauma	2	R. ANESTESIA	42	100%	2	15	30	0.36	0.00	130	0
2° de trauma	2	R. ANESTESIA	76	100%	2	20	40	0.48	0.00	173	0
2° de trauma	2	OF. SERVICIOS G.	42	100%	2	15	30	0.36	0.00	95	0
2° de trauma	2	OF. SERVICIOS G.	76	100%	2	20	40	0.48	0.00	127	0
2° de trauma	2	ENSEÑANZA	42	100%	2	15	30	0.36	0.00	95	0
2° de trauma	2	ENSEÑANZA	76	100%	3	20	60	0.72	0.00	190	0
2° de trauma	2	JEFE DE ANESTESIA	76	100%	3	20	60	0.72	0.00	190	0
2° de trauma	2	JEFE DE ANESTESIA	42	100%	2	15	30	0.36	0.00	95	0
2° de trauma	2	EPIDEMIOLOGÍA	76	100%	3	20	60	0.72	0.00	190	0
2° de trauma	2	EPIDEMIOLOGÍA	42	100%	2	15	30	0.36	0.00	95	0
2° de trauma	2	JEFE TRAUMA	76	100%	3	20	60	0.72	0.00	190	0
2° de trauma	2	JEFE TRAUMA	42	100%	2	15	30	0.36	0.00	95	0
2° de trauma	2	SALA DE ESPERA	19	100%	1	75	75	0.90	0.00	648	0
2° de trauma	2	PASILLO ELEVADOR	19	100%	1	75	75	0.90	0.00	648	0
2° de trauma	2	PASILLO ELEVADOR	22	89%	2	139	278	3.34	0.84	2,402	605
2° de trauma	2	DESCANSO ESC.1°a2°	19	100%	3	75	225	2.70	0.00	1,944	0
Almacén	PB	GENERAL	19	100%	30	75	2,250	24.84	0.00	4,320	0

FUENTE: Herramienta de cálculo utilizada por el Área d Ingeniería en Recursos Energéticos de la UAM.

Tabla G.3 Incremental

IMPLEMENTATION COSTS			Ahorro en	Ahorro en	Ahorro en	Costo	Costo	Descuento	Costo de	Costo	Período	Tasa
Edificio	Piso	Área	Costos de	Costos de	Costos	Diferencial	Diferencial de	Total	Mano de	Total de	Simple de	Interna de
			Demanda	Energía	Totales	de Lámparas	Balastos	(mayoreo)	Obra	Implementación	Recuperación	Retorno
			\$/año	\$/año	\$/año	\$	\$	\$	\$	\$	años	%
2° de trauma	2	PASILLO	\$4.81	\$13.55	\$18.36	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%
2° de trauma	2	BAÑO DAMAS	\$1.36	\$1.61	\$2.97	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%
2° de trauma	2	BAÑO DAMAS	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%
2° de trauma	2	DESCANSO MEDICOS.	\$2.73	\$7.74	\$10.47	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%
2° de trauma	2	AUDIOVISUAL	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%
2° de trauma	2	SEPTICO	\$5.17	\$14.52	\$19.69	\$5.90	\$0	\$0	\$0	\$5.90	0.3	333.51%
2° de trauma	2	BAÑO HOMBRES	\$1.36	\$1.61	\$2.97	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%
2° de trauma	2	R. ANESTESIA	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%
2° de trauma	2	R. ANESTESIA	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%
2° de trauma	2	OF. SERVICIOS G.	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%
2° de trauma	2	OF. SERVICIOS G.	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%
2° de trauma	2	ENSEÑANZA	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%
2° de trauma	2	ENSEÑANZA	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%
2° de trauma	2	JEFE DE ANESTESIA	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%
2° de trauma	2	JEFE DE ANESTESIA	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%
2° de trauma	2	EPIDEMIOLOGÍA	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%
2° de trauma	2	EPIDEMIOLOGÍA	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%
2° de trauma	2	JEFE TRAUMA	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%
2° de trauma	2	JEFE TRAUMA	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%
2° de trauma	2	SALA DE ESPERA	\$0.72	\$3.87	\$4.59	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%
2° de trauma	2	PASILLO ELEVADOR	\$0.72	\$3.87	\$4.59	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%
2° de trauma	2	PASILLO ELEVADOR	\$6.03	\$33.87	\$39.90	\$0.48	\$4	\$0	\$0	\$4.48	0.1	890.62%
2° de trauma	2	DESCANSO ESC. 1°a2°	\$2.08	\$11.61	\$13.69	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%
Almacén	PB	GENERAL	\$19.03	\$25.80	\$44.83	\$0.00	\$0	\$0	\$0	\$0.00	0.0	0.00%

FUENTE: Herramienta de cálculo utilizada por el Área de Ingeniería en Recursos Energéticos de la UAM.

Tabla G.4 Tasa interna de retorno.

			Tasa Interna de Retorno									
	Ahorro en	Costo	Ahorro en	Ahorro en	Ahorro en	Ahorro en	Ahorro en	Ahorro en	Tasa	Período		
	Costos	Total de	Costos	Costos	Costos	Costos	Costos	Costos	Interna de	Simple de		
	Totales	Implementación	Totales	Totales	Totales	Totales	Totales	Totales	Retorno	Recuperación		
Edificio	Piso	Área	\$/año	\$	\$/año 1	\$/año 2	\$/año 3	\$/año 4	\$/año 5	%	Recuperación años	
2° de trauma	2	PASILLO	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	
2° de trauma	2	BAÑO DAMAS	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	
2° de trauma	2	BAÑO DAMAS	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	
2° de trauma	2	DESCANSO MED.	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	
2° de trauma	2	AUDIOVISUAL	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	
2° de trauma	2	SEPTICO	\$20	(\$7)	\$20	\$20	\$20	\$20	\$20	285.03%	0.4	
2° de trauma	2	BAÑO HOMBRES	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	
2° de trauma	2	R. ANESTESIA	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	
2° de trauma	2	R. ANESTESIA	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	
2° de trauma	2	OF.SERVICIOS G.	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	
2° de trauma	2	OF.SERVICIOS G.	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	
2° de trauma	2	ENSEÑANZA	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	
2° de trauma	2	ENSEÑANZA	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	
2° de trauma	2	JEFE DE ANESTESIA	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	
2° de trauma	2	JEFE DE ANESTESIA	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	
2° de trauma	2	EPIDEMIOLOGÍA	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	
2° de trauma	2	EPIDEMIOLOGÍA	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	
2° de trauma	2	JEFE TRAUMA	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	
2° de trauma	2	JEFE TRAUMA	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	
2° de trauma	2	SALA DE ESPERA	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	
2° de trauma	2	PASILLO ELEVADOR	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	
2° de trauma	2	PASILLO ELEVADOR	\$40	(\$5)	\$40	\$40	\$40	\$40	\$40	728.08%	0.1	
2° de trauma	2	DESCANSO ESC.1°a2°	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	
Almacén	PB	GENERAL	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	0.00%	0.0	

FUENTE: Herramienta de cálculo utilizada por el Área d Ingeniería en Recursos Energéticos de la UAM.

Tabla G.5 Incremental

			INCREMENTAL SAVINGS AND COSTS																				
			Tiempo	Vida	Ahorro			Costos			Ahorro			Costos			Ahorro			Costos			
			de uso	media de	Fracción	Energía	Costos	Implem.	Energía	Costos	Implem.	Energía	Costos	Implem.	Energía	Costos	Implem.	Energía	Costos	Implem.	Energía	Costos	Implem.
Edificio	Piso	Área	anual	lámparas	Reemplazo	Año 1	Año 1	Año 1	Año 2	Año 2	Año 2	Año 3	Año 3	Año 3	Año 4	Año 4	Año 4	Año 5	Año 5	Año 5			
			h/año	horas	anual	kWh	\$	\$	kWh	\$	\$	kWh	\$	\$	kWh	\$	\$	kWh	\$	\$			
2° de trauma	2	PASILLO	4,320	20,000	21.6%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
2° de trauma	2	BAÑO DAMAS	1,800	20,000	9.0%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
2° de trauma	2	BAÑO DAMAS	1,800	10,000	18.0%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
2° de trauma	2	DESCANSO MED.	4,320	20,000	21.6%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
2° de trauma	2	AUDIOVISUAL	2,880	10,000	28.8%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
2° de trauma	2	SEPTICO	4,320	1,000	100.0%	259	\$19.69	\$6.90	259	\$19.69	\$0.00	259	\$19.6	\$0.00	259	\$19.69	\$0.00	259	\$19.69	\$0.00	259	\$19.69	\$0.00
2° de trauma	2	BAÑO HOMBRES	1,800	20,000	9.0%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
2° de trauma	2	R. ANESTESIA	4,320	10,000	43.2%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
2° de trauma	2	R. ANESTESIA	4,320	2,000	100.0%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
2° de trauma	2	OF. SERVICIOS G.	3,168	10,000	31.7%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
2° de trauma	2	OF. SERVICIOS G.	3,168	2,000	100.0%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
2° de trauma	2	ENSEÑANZA	3,168	10,000	31.7%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
2° de trauma	2	ENSEÑANZA	3,168	2,000	100.0%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
2° de trauma	2	JEFE DE ANESTESIA	3,168	2,000	100.0%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
2° de trauma	2	JEFE DE ANESTESIA	3,168	10,000	31.7%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
2° de trauma	2	EPIDEMIOLOGÍA	3,168	2,000	100.0%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
2° de trauma	2	EPIDEMIOLOGÍA	3,168	10,000	31.7%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
2° de trauma	2	JEFE TRAUMA	3,168	2,000	100.0%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
2° de trauma	2	JEFE TRAUMA	3,168	10,000	31.7%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
2° de trauma	2	SALA DE ESPERA	8,640	20,000	43.2%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
2° de trauma	2	PASILLO ELEVADOR	8,640	20,000	43.2%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
2° de trauma	2	PASILLO ELEVADOR	8,640	12,000	72.0%	435	\$28.73	\$3.95	605	\$39.90	\$1.53	605	\$39.9	\$0.00	605	\$39.90	\$0.00	605	\$39.90	\$0.00	605	\$39.90	\$0.00
2° de trauma	2	DESCANSO ESC.1°a2°	8,640	20,000	43.2%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
Almacén	PB	GENERAL	1,920	20,000	9.6%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
Alojamiento conjunto	PB	ENCAMADO 12	8,640	20,000	43.2%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
Alojamiento conjunto	PB	CENTRAL ENFERMERAS	8,640	20,000	43.2%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
Alojamiento conjunto	PB	ENCAMADOS	8,640	20,000	43.2%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
Archivo	PB	OFICINA	8,640	20,000	43.2%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
Archivo	PB	AREA GENERAL	8,640	20,000	43.2%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
Banco de sangre	PB	SANGRADO	2,112	20,000	10.6%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
Banco de sangre	PB	PROCESO	2,112	20,000	10.6%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00
Banco de sangre	PB	PASILLO	2,112	20,000	10.6%	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00	0	\$0.00	\$0.00

FUENTE: Herramienta de cálculo utilizada por el Área d Ingeniería en Recursos Energéticos de la UAM.



*Tabla G.6 Cálculo de los parámetros económicos*

año	Tasa = 0.1 Costo total = 9193		0.803555 Costo total = 9193			
	Beneficio	Costo	Beneficio	Costo	Beneficio	Costo
1	5998	5452.7	3640	3309	5998	3326
2	8825	7293.4	3746	3096	8825	2713
3	9839	7392.2	1404	1055	9839	1677
4	10012	6838.3	200	136.6	10012	946
5	10132	6291.2	185	114.9	10132	531
		33268		7711		9193
	VPN	24075	B/C	4.314	VPN	-0.01
					TIR	0.8

**FUENTE:** Herramienta de cálculo utilizada por el Área d Ingeniería en Recursos Energéticos de la UAM.

Tabla G.7 Detalles técnicos y económicos de gabinetes eléctricos.

Código	Cantidad	Medida	Gabinete	Material	Potencia	Dimensiones	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Lab.	U	cm	cm	cm	Watt	cm	USD	USD	USD	USD	USD	USD	USD
2	4	34	T12	2	Magnético/aluminio	156	11,150	65	20,000	\$7.00	\$8.75	23	0
5	2	40	T12	1	Magnético/aluminio	90	6,080	65	20,000	\$3.50	\$7.50	4	0
6	2	34	T12	1	Magnético/aluminio	78	5,580	65	20,000	\$3.50	\$8.75	200	0
7	1	40	T12	1	Magnético/aluminio	52	3,040	65	20,000	\$1.75	\$7.50	12	0
8	1	34	T12	1	Magnético/aluminio	45	2,790	65	20,000	\$1.75	\$8.75	164	0
13	2	40	T12	1	Magnético/cobre	83	6,080	65	20,000	\$3.50	\$9.75	2	0
15	1	40	T12	1	Magnético/cobre	49	3,040	65	20,000	\$1.75	\$9.75	11	0
19	2	32	T12	1	Magnético/cobre	75	5,580	65	12,000	\$3.50	\$9.75	957	957
19a	2	32	T8	1	Electrónico	64	6,400	80	20,000	\$4.50	\$26.00	241	241
20	1	32	T8	1	Electrónico	35	3,200	80	20,000	\$2.25	\$26.00	52	227
21	2	75	T12	1	Magnético/aluminio	174	12,200	65	12,000	\$4.76	\$10.00	24	0
22	2	60	T12	1	Magnético/aluminio	139	10,800	65	12,000	\$5.00	\$12.00	75	99
39	1	40		1	Incandescente	40	480	100	1,000	\$0.41	\$0.00	3	0
42	1	15		1	Fluorescente Compacto	15	900	80	10,000	\$10.00	\$0.00	339	475
43	1	75		1	Incandescente	75	1,170	100	1,000	\$0.41	\$0.00	133	0
64	1	250		1	Luz Mixta	250	5,600	60	6,000	\$19.93	\$0.00	1	1
75	2	20		1	Incandescente. Exit (salida)	40	600		2,000	\$3.00	0	154	154
76	1	20		1	Incandescente. Exit (salida)	20	600		2,000	\$1.50	0	17	17
78	1	5		1	Fluorescente compacta. Exit (salida)	7	600		10,000	\$5.00	\$20.00	40	40

FUENTE: Herramienta de cálculo utilizada por el Área de Ingeniería en Recursos Energéticos de la UAM.

## ANEXO "H"

## HERRAMIENTA DE CALCULO PARA EVALUACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS.

Tabla H.1 Current.

SITE VISIT CURRENT INFORMATION FOR MOTORS								COPY AND PASTE SPECIAL IN WORD SHEET							
	Tamaño motor	No. de Motores.	Velocidad	Voltaje	Corriente	fp	Efic	Tiempo Uso	LF	UF	CF	DUF	Demanda Promedio Anual	Uso Promedio de Energia	Uso Total de Energia
Equipo Operado	hp		RPM	Volts	Amp.	%		h/año					kW/año	kWh/año	kWh/año
Bomba No. 4, Hidroneumático	7.5	1	3,575	223	26	86.00%	0.808	4,368	1.31	0.50	0.50	0.53	27	19,335	18,834
Bomba No 3, Hidroneumático	5	1	3,575	223	14.3333	89.00%	0.790	1,456	1.11	0.17	0.17	0.18	2	1,234	1,196
Bomba No.2, Hidroneumático	15	1	3,575	219	31.3333	87.00%	0.820	1,456	0.81	0.17	0.17	0.18	4	2,598	2,509
Bomba No. 1, Hidroneumático	15	1	3,575	221.33	10	85.00%	0.722	1,456	0.22	0.17	0.17	0.18	1	791	764
Compresor de Aire No. 1	7.5	1	1,740	220.67	12	63.00%	0.801	5,460	0.44	0.63	0.63	0.66	14	10,211	9,860
Compresor de Aire No. 2	5	1	1,740	221	12	66.00%	0.794	4,368	0.68	0.50	0.50	0.53	10	6,813	6,621
Bomba Comb. Caldera 3	3	1	1,720	221	5	38.00%	0.630	2,912	0.25	0.33	0.33	0.35	1	755	658
Bomba Ventilador Cald. 3	5	1	3,500	221	12	79.00%	0.790	2,912	0.84	0.33	0.33	0.35	5	3,738	3,615
inyección Agua Cald. 3	7.5	1	2,500	219	21	87.00%	0.808	1,300	1.04	0.21	0.15	0.16	2	1,899	1,850
Bomba Comb. Cald. 2	3	1	1,755	220	3	21.00%	0.630	2,912	0.09	0.33	0.33	0.35	0	268	233
Bomba Ventilador Cald. 2	5	1	1,755	220	9	59.00%	0.775	2,912	0.47	0.33	0.33	0.35	3	2,127	2,037
Bomba de Agua Cald. 2	5	1	3,500	219.33	13	85.00%	0.790	2,184	0.93	0.25	0.25	0.27	3	2,310	2,233
Compresor de Aire Cald. 3	10	1	1,745	220	19	69.00%	0.824	2,184	0.57	0.25	0.25	0.27	4	2,757	2,676
Bomba Pozo	50	1	1,725	216	76	77.00%	0.867	6,552	0.51	0.75	0.75	0.80	156	106,990	107,114
Bomba de Agua de CM2 Pozo	10	1	3,500	218	17	85.00%	0.824	6,552	0.64	0.75	0.75	0.80	39	27,583	26,770
Recirculadora No.2	20	1	1,770	218	40	61.00%	0.846	7,280	0.55	0.83	0.83	0.88	81	57,545	55,893
Recirculadora No. 1	20	1	1,770	223	21	67.00%	0.839	1,456	0.33	0.17	0.17	0.18	2	1,361	1,316
	194	17		3,742		77.00%							355	248,314	244,179

FUENTE: Herramienta de cálculo utilizada por el Área de Ingeniería en Recursos Energéticos de la UAM.

Tabla H.2 Propoced

	Tamaño del Motor	No. de Motores	Effic. del Motor Propuesto	Demanda Promedio Anual	Ahorro Anual Demanda	Ahorro en costos en Demanda por año	Uso Total de Energía	Ahorros de Energía	Ahorro en costos en Energía por año	Ahorro total de costos por año
	hp			kW/año	kW/año		kWh/año	kWh/año		
Equipo operado										
Bomba No. 4, Hidroneumático	7.5	1	91.1%	25.7	1.8	\$12.93	17,593	1,742	\$97.53	\$110.46
Bomba No 3, Hidroneumático	5	1	89.2%	1.6	0.1	\$0.73	1,126	108	\$6.02	\$6.75
Bomba No.2, Hidroneumático	15	1	92.5%	3.5	0.2	\$1.35	2,382	216	\$12.11	\$13.46
Bomba No. 1, Hidroneumático	15	1	92.5%	0.9	0.2	\$1.29	638	153	\$8.56	\$9.85
Compresor de Aire No. 1	7.5	1	91.1%	13.5	0.8	\$5.96	9,287	924	\$51.77	\$57.73
Compresor de Aire No. 2	5	1	89.2%	9.1	0.6	\$4.02	6,235	578	\$32.36	\$36.38
Bomba Comb. Caldera 3	3	1	88.8%	0.9	0.1	\$0.57	605	150	\$8.43	\$9.00
Bomba Ventilador Cald. 3	5	1	89.2%	5.0	0.3	\$2.01	3,420	318	\$17.81	\$19.82
inyección Agua Cald. 3	7.5	1	91.1%	1.8	0.1	\$0.93	1,728	171	\$9.58	\$10.51
Bomba Comb. Cald. 2	3	1	88.8%	0.3	0.0	\$0.22	214	53	\$2.99	\$3.21
Bomba Ventilador Cald. 2	5	1	89.2%	2.8	0.2	\$1.15	1,927	200	\$11.22	\$12.37
Bomba de Agua Cald. 2	5	1	89.2%	3.1	0.2	\$1.29	2,113	197	\$11.00	\$12.29
Compresor de Aire Cald. 3	10	1	91.1%	3.7	0.2	\$1.15	2,567	190	\$10.63	\$11.78
Bomba Pozo	50	1	94.2%	143.4	12.8	\$91.65	98,358	8,632	\$483.39	\$575.04
Bomba de Agua de CM2 Pozo	10	1	91.1%	37.4	1.6	\$11.35	25,683	1,899	\$106.37	\$117.72
Recirculadora No.2	20	1	92.7%	78.8	2.7	\$19.61	54,024	3,521	\$197.17	\$216.78
Recirculadora No. 1	20	1	92.7%	1.9	0.1	\$0.50	1,272	89	\$4.97	\$5.47
<b>TOTALS</b>		<b>17</b>		<b>333.4</b>	<b>21.8</b>	<b>156.7</b>	<b>229,172.4</b>	<b>19,141.1</b>	<b>1,071.9</b>	<b>1,228.6</b>
<b>Avg. Electrical Rate:</b>	<b>\$0.056</b>	<b>/kWh</b>	<b>\$0.06</b>							
<b>Avg. Demand Rate:</b>	<b>\$7.183</b>	<b>/kW</b>	<b>\$7.90</b>							

FUENTE: Herramienta de cálculo utilizada por el Área d Ingeniería en Recursos Energéticos de la UAM.

Tabla H.3 Payback

Equipo operado	IMPLEMENTATION COSTS									
	Tamaño del Motor	No. de Motores	Costo del Motor de Alta Eficiencia	Costo del Motor Estándar	Diferencia de costo de motores	Costo Total de los Motores	Costo Total Diferencial de los Motores	Ahorro total Costos	Periodo Simple de Recuperación Eficiente	Periodo Simple de Recuperación Diferencial
	hp		por motor		por motor			por año	años	años
Bomba No. 4, Hidroneumático	7.5	1	\$750	\$686	\$64	\$750	\$64	\$110.46	6.8	0.6
Bomba No 3, Hidroneumático	5	1	\$499	\$465	\$34	\$499	\$34	\$6.75	73.9	5.0
Bomba No.2, Hidroneumático	15	1	\$1,200	\$1,056	\$144	\$1,200	\$144	\$13.46	89.2	10.7
Bomba No. 1, Hidroneumático	15	1	\$1,200	\$1,056	\$144	\$1,200	\$144	\$9.85	121.8	14.6
Compresor de Aire No. 1	7.5	1	\$750	\$686	\$64	\$750	\$64	\$57.73	13.0	1.1
Compresor de Aire No. 2	5	1	\$499	\$465	\$34	\$499	\$34	\$36.38	13.7	0.9
Bomba Comb. Caldera 3	3	1	\$450	\$405	\$45	\$450	\$45	\$9.00	50.0	5.0
Bomba Ventilador Cald. 3	5	1	\$499	\$465	\$34	\$499	\$34	\$19.82	25.2	1.7
inyección Agua Cald. 3	7.5	1	\$750	\$686	\$64	\$750	\$64	\$10.51	71.4	6.1
Bomba Comb. Cald. 2	3	1	\$450	\$405	\$45	\$450	\$45	\$3.21	140.2	14.0
Bomba Ventilador Cald. 2	5	1	\$499	\$465	\$34	\$499	\$34	\$12.37	40.3	2.7
Bomba de Agua Cald. 2	5	1	\$499	\$465	\$34	\$499	\$34	\$12.29	40.6	2.8
Compresor de Aire Cald. 3	10	1	\$750	\$720	\$30	\$750	\$30	\$11.78	63.7	2.5
Bomba Pozo	50	1	\$3,258	\$2,622	\$636	\$3,258	\$636	\$575.04	5.7	1.1
Bomba de Agua de CM2 Pozo	10	1	\$750	\$720	\$30	\$750	\$30	\$117.72	6.4	0.3
Recirculadora No.2	20	1	\$1,450	\$1,252	\$198	\$1,450	\$198	\$216.78	6.7	0.9
Recirculadora No. 1	20	1	\$1,450	\$1,252	\$198	\$1,450	\$198	\$5.47	265.1	36.2
TOTALES/Promedio		17	15,703	13,871	1,832	15,703	1,832	1,229	12.8	1.5

FUENTE: Herramienta de cálculo utilizada por el Área de Ingeniería en Recursos Energéticos de la UAM.

Tabla H.4 Incremental Saving

INCREMENTAL SAVINGS						
	Fracción de Reemplazo	Ahorros en Demanda	Ahorro en Costos Demanda	Ahorros de Energía	Ahorro en costos Energía	Ahorros en costos Totales
Año	Motores	kW/año	por año	kWh/año	por año	por año
1	8.33%	1.8	\$13.00	1,594	\$89.00	\$102.00
2	16.67%	3.6	\$26.00	3,191	\$179.00	\$205.00
3	25.00%	5.5	\$39.00	4,785	\$268.00	\$307.00
4	33.33%	7.3	\$52.00	6,380	\$357.00	\$409.00
5	41.67%	9.1	\$65.00	7,976	\$447.00	\$512.00
6	50.00%	10.9	\$78.00	9,571	\$536.00	\$614.00
7	58.33%	12.7	\$91.00	11,165	\$625.00	\$716.00
8	66.67%	14.5	\$104.00	12,761	\$715.00	\$819.00
9	75.00%	16.4	\$118.00	14,356	\$804.00	\$922.00
10	83.33%	18.2	\$131.00	15,950	\$893.00	\$1,024.00
11	91.67%	20.0	\$144.00	17,547	\$983.00	\$1,127.00
12	100.00%	21.8	\$157.00	19,141	\$1,072.00	\$1,229.00
	125.00%					
Vida media de motores, años:				12		
<b>FUENTE: Herramienta de cálculo utilizada por el Area d Ingeniería en Recursos Energéticos de la UAM.</b>						

Tabla H.5 TIR o IRR

CALCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO. TIR										
	Total	Diferencial	VPN							
Inversión	-15703	-1832	0.1	15703	0.1	1832				
Ahorros al año 1	1229	1229	1	1229	1117.3	-14586	1229	1117	-714.7	1117.27273
Ahorros al año 2	1229	1229	2	1229	1015.7	-13570	1229	1016	300.98	1015.70248
Ahorros al año 3	1229	1229	3	1229	923.37	-12647	1229	923.4	1224.3	923.36589
Ahorros al año 4	1229	1229	4	1229	839.42	-11807	1229	839.4	2063.8	839.423537
Ahorros al año 5	1229	1229	5	1229	763.11	-11044	1229	763.1	2826.9	763.112306
Ahorros al año 6	1229	1229	6	1229	693.74	-10350	1229	693.7	3520.6	693.73846
Ahorros al año 7	1229	1229	7	1229	630.67	-9719.7	1229	630.7	4151.3	630.671327
Ahorros al año 8	1229	1229	8	1229	573.34	-9146.4	1229	573.3	4724.6	573.33757
Ahorros al año 9	1229	1229	9	1229	521.22	-8625.2	1229	521.2	5245.8	521.215973
Ahorros al año 10	1229	1229	10	1229	473.83	-8151.3	1229	473.8	5719.7	473.832703
Ahorros al año 11	1229	1229	11	1229	430.76	-7720.6	1229	430.8	6150.4	430.757002
Ahorros al año 12	1229	1229	12	1229	391.6	-7329	1229	391.6	6542	391.597275
TIR	-1%	67%			8374				8374.02725	
				B/C	0.53328	4.571				

**FUENTE: Herramienta de cálculo utilizada por el Área d Ingeniería en Recursos Energéticos de la UAM.**

Tabla H.6 Lookup

Motor Size	Existing Motor	Existing Motor	Existing Motor	Existing Motor	Proposed Motor	Proposed Motor	Proposed Motor	Proposed Motor
hp	Efficiency	Efficiency	Efficiency	Efficiency	Efficiency	Efficiency	Efficiency	Efficiency
LF	100.0%	75.0%	50.0%	25.0%	100% Load	75% Load	50% Load	25% Load
1	77.6%	75.8%	69.5%	57.8%	85.0%	84.1%	81.4%	73.0%
1.5	79.2%	78.2%	74.9%	61.7%	85.6%	85.3%	83.2%	76.3%
2	80.8%	80.2%	77.5%	68.8%	85.6%	85.8%	84.3%	76.5%
3	82.0%	81.6%	78.9%	68.0%	88.8%	89.0%	87.4%	80.7%
5	84.0%	84.4%	82.5%	72.2%	89.2%	89.8%	89.1%	84.3%
7.5	85.8%	86.4%	85.1%	77.4%	91.1%	91.5%	90.5%	86.0%
10	86.6%	87.4%	86.6%	79.6%	91.1%	91.7%	91.2%	87.7%
15	87.0%	87.8%	86.5%	77.2%	92.5%	92.7%	92.2%	89.3%
20	88.7%	89.6%	88.9%	83.0%	92.7%	93.0%	92.5%	89.1%
25	89.6%	90.1%	89.4%	83.2%	93.4%	93.9%	93.5%	90.7%
30	90.1%	90.8%	90.1%	84.2%	93.7%	94.1%	93.8%	91.4%
40	90.4%	90.7%	89.3%	84.3%	94.1%	94.5%	94.2%	91.6%
50	91.4%	91.7%	90.7%	86.5%	94.2%	94.7%	94.5%	92.9%
60	91.8%	91.7%	90.6%	84.7%	94.7%	95.0%	94.5%	92.4%
75	92.1%	91.8%	90.3%	82.7%	94.9%	95.2%	94.9%	93.2%
100	92.3%	92.0%	90.9%	84.5%	95.2%	95.3%	94.6%	92.8%
125	92.6%	92.2%	90.6%	84.1%	95.3%	95.2%	94.4%	92.6%
150	93.2%	92.8%	91.4%	85.9%	95.8%	95.7%	95.0%	93.2%
200	94.0%	94.1%	92.8%	89.8%	95.8%	95.6%	94.8%	94.1%
250	93.6%	93.5%	92.4%	88.4%	95.7%	95.7%	94.9%	92.7%
300	93.6%	93.3%	92.0%	88.4%	95.7%	95.7%	95.0%	93.5%
350	93.0%	92.0%	91.0%	88.4%	95.6%	95.6%	94.8%	93.3%
400	93.0%	92.5%	91.0%	88.4%	95.2%	94.9%	93.7%	94.8%
450	93.5%	92.5%	91.0%	88.4%	95.1%	95.0%	94.2%	94.4%
500	93.5%	92.5%	91.5%	88.8%	95.1%	94.2%	93.7%	92.7%
600	93.5%	92.5%	90.4%	88.8%	95.4%	95.4%	94.5%	94.5%

**FUENTE:** Herramienta de cálculo utilizada por el Área de Ingeniería en Recursos Energéticos de la UAM.

Tabla H.7 MMaster

HP	Speed	Enclosure	Eff100l	Eff75l	Eff50l	Eff25l	Eff100h	Eff75h	Eff50h	Eff25h
1	900	0	69.4	68.6	62.6	48	74	72.1	71.5	60.6
1	900	1	68.2	66.4	60.7	46.1	75.9	76.6	72.4	60.6
1	1200	0	74.9	72	67.1	54.2	81.3	80.4	76.1	64
1	1200	1	74.1	70.3	66.1	46	82.9	81.7	78.8	67.6
1	1800	0	77.4	76.1	70.8	60.5	83.5	83	80	74.1
1	1800	1	77.6	75.8	69.5	57.8	85	84.1	81.4	73
1	3600	0	77.6	75.8	69.5	57.8	77.4	76.7	73	73
1	3600	1	77.6	75.8	69.5	57.8	77.1	77.5	71.1	73
1.5	900	0	70.9	70.5	65.5	52.6	77	75.8	71.3	59.2
1.5	900	1	72.1	71.4	67.5	55.7	79.9	80	76.7	76.2
1.5	1200	0	77.9	76.7	71.4	57.7	85.4	85.9	83.6	74.1
1.5	1200	1	77.9	76.6	72.9	58.7	86.9	86.5	84.2	77.1
1.5	1800	0	79.4	78.3	74.4	61.9	85.2	84.7	82.5	73.3
1.5	1800	1	79.2	78.2	74.9	61.7	85.6	85.3	83.2	76.3
1.5	3600	0	77.4	77.8	74.5	64	83.9	82	78	69.7
1.5	3600	1	75.6	74.3	71.3	64	84.8	84.7	82.5	72.9
2	900	0	76.8	76.4	73.5	61.2	86	86.2	84.2	77.4
2	900	1	76.2	76.2	73.3	60	85.4	85.2	82.4	75
2	1200	0	79.7	78.1	74.3	64	86.9	87.5	85.3	77.4
2	1200	1	78.9	78.2	75	63.2	87.5	87.3	85.4	78.5
2	1800	0	80.3	79.8	76.3	65.2	84.8	85.1	83	74.3
2	1800	1	80.8	80.2	77.5	68.8	85.6	85.8	84.3	76.5
2	3600	0	79.4	79	77	69.5	85.4	85.5	84	74.5
2	3600	1	78.6	79.3	75.5	72	85.9	86	84.6	75.1
3	900	0	79	78.9	76.8	66.7	86.5	86.7	84.9	76.7
3	900	1	78.5	78.4	75.7	64.8	86.2	86.6	84.7	78.3
3	1200	0	81.8	81.2	78.7	68.3	89	88.6	87	78.9
3	1200	1	81	80.5	77.6	66.3	89.1	89.1	87.4	80.7
3	1800	0	82.3	82.5	79.9	67.4	88.5	88.7	87	78.8
3	1800	1	82	81.6	78.9	68	88.8	89	87.4	80.7
3	3600	0	80.4	78.6	76.5	63.6	85.7	85.6	83.8	76.5

FUENTE: Herramienta de cálculo utilizada por el Área de Ingeniería en Recursos Energéticos de la UAM.



## ANEXO "I"

## DATOS Y TABLAS DEL CAPÍTULO 5

Tabla I.1 Área total del conjunto del IMSS.

UNIDAD	AREA (m <sup>2</sup> )
Centro de Seguridad Social	3834
Unidad Deportiva	1623
Planta de Lavado Regional	436
UMF N°1	1400
Hospital	16236
TOTAL	23529

**FUENTE:** Universo de acción de las unidades.

Tabla I.2 Productos del hospital

Producto	año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
INGRESOS HOSPITALARIOS	97	1306	1272	1303	1365	1322	1693	1379	1594	1713	1516	1326	1222	17011
	98	1164	1160	1059	1093	1373	1519	1487	1229	1553	1468	1397	1235	15737
	99	1213	1429	1211	1177	1205	1229	1264	1303	1294	1233	1228	1052	14838
EGRESOS HOSPITALARIOS	97	1286	1243	1276	1401	1297	1562	1437	1607	1621	1598	1310	1254	16892
	98	1030	1145	1053	1115	1293	1593	1407	1161	1615	1478	1286	1235	15411
	99	1201	1380	1191	1180	1191	1186	1274	1262	1256	1233	1249	1050	14653
INTERVENCIONES QUIRURGICAS	97	779	839	805	877	791	845	823	838	879	821	892	739	9920
	98	740	845	739	774	842	874	833	889	853	907	905	894	10095
	99	906	935	842	946	912	1124	916	1010	955	862	894	783	11085
CONSULTAS ESPECIALISTAS	97	14429	15275	13711	14608	13633	15095	10390	10348	10080	10022	10090	8788	119550
	98	9107	10738	9964	9742	12012	12973	9730	10007	10159	10072	11587	11104	122656
	99	10393	12076	11192	10819	11788	13314	11387	12644	12003	12452	12708	11622	142389
CONSULTAS EN URGENCIAS	97	4940	4811	4317	4615	4363	3871	3435	3715	3774	3695	3685	3017	48230
	98	3908	2437	2200	2774	2437	2102	2018	2384	2309	2265	2441	2352	29627
	99	2518	2879	2848	3181	1910	3090	3233	3525	3546	3833	3839	3385	38789

PORCIENTO DE OCUPACIÓN (%)	97	106	105	112	95	95	120	99	106	113	115	89	97	1251
	98	109	99	98	99	110	116	119	131	127	94	122	83	1307
	99	82	90	88	81	86	88	88	89	85	92	84	78	1030
DÍAS PACIENTE	97	6145	6079	5843	5481	5350	6984	5566	6122	6525	6432	5135	5444	60988
	98	6302	5767	5141	5731	6196	6706	6669	7578	7357	5262	7086	4660	64940
	99	4756	5715	4593	4705	4820	5116	4920	5133	4938	5136	4894	4353	74917
ESTUDIOS DE RX	97							4978	5458	5249	5124	5403	4990	60988
	98	10697	12691	11279	10608	13056	5412	5311	5508	5339	5255	5912	5617	64940
	99	5369	6179	5801	5829	6100	6836	6043	6660	6414	6584	7036	6069	74917

**FUENTE:** Sistema de Información Estadística del hospital (1997-1999).

*Tabla 1.3 Temperatura ambiente promedio mensual de Aguascalientes (°C)*

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
1993	13.5	14.9	16.2	19.5	20.9	21.9	20.1	19.8	19.9	19.6	16.7	15.0	18.2
1994	13.6	16.6	18.0	19.9	23.0	21.3	21.6	19.3	19.2	18.5	17.4	15.6	18.7
1995	14.0	16.6	18.6	20.0	23.1	22.8	20.5	20.1	19.6	18.3	16.7	13.0	18.6
1996	13.1	15.8	16.7	19.3	23.7	22.2	22.0	20.6	20.1	17.8	15.1	14.1	18.4
1997	12.5	15.2	17.1	17.2	20.9	22.6	21.4	21.3	21.1	17.9	16.3	11.8	17.9
1998	12.8	13.1	17.4	19.7	23.7	24.0	21.8	21.3	20.2	18.5	17.2	14.3	18.7
1999	12.8	16.9	18.2	22.0	22.9	22.2	19.8	20.9	20.0	18.1	14.5	12.5	18.4

**FUENTE:** CNA, 2000

Tabla I.4 Evaluación de la dispersión de los indicadores de consumo eléctrico mensual por área y por cama.

Mes	Consumo eléctrico kWh		Índice de consumo eléctrico por:		Mes	Consumo eléctrico kWh		Índice de consumo eléctrico por:		Mes	Consumo eléctrico kWh		Índice de consumo eléctrico por:		
	área (kWh/m <sup>2</sup> )	Cama (kWh/cama)	área (kWh/m <sup>2</sup> )	Cama (kWh/cama)		área (kWh/m <sup>2</sup> )	Cama (kWh/cama)	área (kWh/m <sup>2</sup> )	Cama (kWh/cama)		área (kWh/m <sup>2</sup> )	Cama (kWh/cama)			
Ene-93	98,400	4.1821	520.63	Ene-95	153,600	6.5281	812.7	Ene-97	145,200	6.1711	768.25	Ene-99	146,760	6.24	776.508
Feb-93	182,400	7.7521	965.08	Feb-95	156,000	6.6301	825.4	Feb-97	139,200	5.9161	736.51	Feb-99	137,400	5.84	726.984
Mar-93	162,000	6.8851	857.14	Mar-95	159,600	6.7831	844.44	Mar-97	142,800	6.0691	755.56	Mar-99	166,320	7.07	880
Abr-93	186,000	7.9051	984.13	Abr-95	163,200	6.9361	863.49	Abr-97	144,000	6.1201	761.9	Abr-99	166,320	7.07	880
May-93	200,400	8.5171	1060.3	May-95	210,000	8.9252	1111.1	May-97	164,400	6.9871	869.84	May-99	192,480	8.18	1018.41
Jun-93	210,000	8.9252	1111.1	Jun-95	214,800	9.1292	1136.5	Jun-97	159,600	6.7831	844.44	Jun-99	194,640	8.27	1029.84
Jul-93	213,600	9.0782	1130.2	Jul-95	176,400	7.4971	933.33	Jul-97	177,600	7.5481	939.68	Jul-99	179,520	7.63	949.841
Ago-93	195,800	8.3216	1036	Ago-95	186,000	7.9051	984.13	Ago-97	165,600	7.0381	876.19	Ago-99	192,600	8.19	1019.05
Sep-93	183,600	7.8031	971.43	Sep-95	182,400	7.7521	965.08	Sep-97	166,800	7.0891	882.54	Sep-99	178,560	7.59	944.762
Oct-93	184,800	7.8541	977.78	Oct-95	165,600	7.0381	876.19	Oct-97	141,600	6.0181	749.21	Oct-99	178,080	7.57	942.222
Nov-93	181,200	7.7011	958.73	Nov-95	154,800	6.5791	819.05	Nov-97	147,600	6.2731	780.95	Nov-99	158,720	6.75	839.788
Dic-93	171,600	7.2931	907.94	Dic-95	147,600	6.2731	780.95	Dic-97	132,000	5.6101	698.41	Dic-99	155,640	6.61	823.492
Promedio	180817	7.68	956.70	Promedio	172500	7.33	912.70	Promedio	152200	6.47	805.29	Promedio	170587	7.25	902.57
Desviación estándar		1.2698	158.08	Desviación estándar		0.9377	116.73	Desviación estándar		0.5951	74.085	Desviación estándar		0.79	98.4919
Dispersión		33.05	33.05	Dispersión		25.58	25.58	Dispersión		18.40	18.40	Dispersión		21.82	21.82
Ene-94	157,200	6.6811	831.75	Ene-96	145,200	6.1711	768.25	Ene-98	150,000	6.3751	793.65				
Feb-94	153,600	6.5281	812.7	Feb-96	144,000	6.1201	761.9	Feb-98	109,200	4.6411	577.78				
Mar-94	207,600	8.8232	1098.4	Mar-96	150,000	6.3751	793.65	Mar-98	147,600	6.2731	780.95				
Abr-94	176,400	7.4971	933.33	Abr-96	146,400	6.2221	774.6	Abr-98	157,200	6.6811	831.75				
May-94	212,400	9.0272	1123.8	May-96	172,800	7.3441	914.29	May-98	174,000	7.3951	920.63				
Jun-94	225,600	9.5882	1193.7	Jun-96	172,800	7.3441	914.29	Jun-98	206,400	8.7722	1092.1				
Jul-94	188,400	8.0071	996.83	Jul-96	169,200	7.1911	895.24	Jul-98	177,600	7.5481	939.68				
Ago-94	194,400	8.2621	1028.6	Ago-96	160,800	6.8341	850.79	Ago-98	198,000	8.4151	1047.6				
Sep-94	204,000	8.6702	1079.4	Sep-96	151,200	6.4261	800	Sep-98	121,440	5.1613	642.54				
Oct-94	200,400	8.5171	1060.3	Oct-96	148,800	6.3241	787.3	Oct-98	165,360	7.0279	874.92				
Nov-94	186,000	7.9051	984.13	Nov-96	132,000	5.6101	698.41	Nov-98	154,080	6.5485	815.24				
Dic-94	159,600	6.7831	844.44	Dic-96	127,920	5.4367	676.83	Dic-98	143,280	6.0895	758.1				
Promedio	188800	8.02	998.94	Promedio	151760	6.45	802.96	Promedio	158680	6.74	839.58				
Desviación estándar		0.9854	122.68	Desviación estándar		0.6244	77.732	Desviación estándar		1.199	149.26				
Dispersión		24.56	24.56	Dispersión		19.36	19.36	Dispersión		35.56	35.56				

FUENTE: Cálculos propios

Tabla I.5 Evaluación de la dispersión de los indicadores de consumo de diesel por área y capacidad del conjunto del IMSS (93-99)

Mes	Consumo de diesel kWh	Índice de consumo de diesel por:		Mes	Consumo de diesel kWh	Índice de consumo de diesel por:		Mes	Consumo de diesel kWh	Índice de consumo de diesel por:		Mes	Consumo de diesel kWh	Índice de consumo de diesel por:	
		área (kWh/m <sup>2</sup> )	Cama (kWh/cama)			área (kWh/m <sup>2</sup> )	Cama (kWh/cama)			área (kWh/m <sup>2</sup> )	Cama (kWh/cama)			área (kWh/m <sup>2</sup> )	Cama (kWh/cama)
Ene-93	740839.6	31.486	3919.8	Ene-95	700515.6	29.772	3706.4	Ene-97	701,904	29.831	3713.8	Ene-99	718,354	30.5	3800.82
Feb-93	770855.6	32.762	4078.6	Feb-95	643581.4	27.353	3405.2	Feb-97	534,627	22.722	2828.7	Feb-99	481,474	20.5	2547.48
Mar-93	792272.7	33.672	4191.9	Mar-95	593964.2	25.244	3142.7	Mar-97	499,270	21.219	2641.6	Mar-99	566,416	24.1	2996.91
Abr-93	759864	32.295	4020.4	Abr-95	512728.7	21.791	2712.9	Abr-97	540,502	22.972	2859.8	Abr-99	519,095	22.1	2746.53
May-93	621822.4	26.428	3290.1	May-95	478867.3	20.352	2533.7	May-97	434,538	18.468	2299.1	May-99	559,729	23.8	2961.53
Jun-93	656132.5	27.886	3471.6	Jun-95	567302.3	24.111	3001.6	Jun-97	392,024	16.661	2074.2	Jun-99	584,297	24.8	3091.52
Jul-93	685635.8	29.14	3627.7	Jul-95	487252.5	20.709	2578.1	Jul-97	454,406	19.313	2404.3	Jul-99	595,193	25.3	3149.17
Ago-93	609687.8	25.912	3225.9	Ago-95	495028.9	21.039	2619.2	Ago-97	416,165	17.687	2201.9	Ago-99	585,152	24.9	3096.04
Sep-93	667455.3	28.367	3531.5	Sep-95	448391.9	19.057	2372.4	Sep-97	405,910	17.251	2147.7	Sep-99	546,911	23.2	2893.71
Oct-93	741160	31.5	3921.5	Oct-95	468644.7	19.918	2479.6	Oct-97	452,633	19.237	2394.9	Oct-99	570,411	24.2	3018.05
Nov-93	779625.4	33.135	4125	Nov-95	494655	21.023	2617.2	Nov-97	456,393	19.397	2414.8	Nov-99	522,342	22.2	2763.72
Dic-93	643997.9	27.37	3407.4	Dic-95	643698.9	27.358	3405.8	Dic-97	671,888	28.556	3555	Dic-99	672,956	28.6	3560.62
Promedio		30.00	3734.28	Promedio	544552.61	23.14	2881.23	Promedio		21.11	2627.98	Promedio	#1REF!	24.52	3052.17
Desviación estándar		2.7785	345.9	Desviación estándar		3.5206	438.29	Desviación estándar		4.2707	531.664	Desviación estándar		2.76	343.874
Dispersión		18.53	18.53	Dispersión		30.42	30.42	Dispersión		40.46	40.46	Dispersión		22.53	22.53
Ene-94	688178.1	27.521	3426.2	Ene-96	546782.4	23.239	2893	Ene-98	813,423	34.571	4303.82				
Feb-94	684909.4	35.113	4371.2	Feb-96	496353.4	21.095	2626.2	Feb-98	660,138	28.056	3492.79				
Mar-94	817545.9	25.43	3165.8	Mar-96	518422.1	22.033	2743	Mar-98	538,258	22.876	2847.93				
Abr-94	647587	33.841	4212.9	Abr-96	425885.3	18.1	2253.4	Abr-98	457,824	19.458	2422.35				
May-94	647544.3	31.08	3869.3	May-96	420993	17.893	2227.5	May-98	421,933	17.932	2232.45				
Jun-94	826166.2	28.491	3546.9	Jun-96	383179.3	16.285	2027.4	Jun-98	363,183	15.436	1921.6				
Jul-94	598343.7	27.91	3474.5	Jul-96	398860.2	16.952	2110.4	Jul-98	418,728	17.796	2215.49				
Ago-94	796246.3	30.932	3850.8	Ago-96	418728.4	17.796	2215.5	Ago-98	455,047	19.34	2407.65				
Sep-94	731290	29.772	3706.4	Sep-96	382410.2	16.253	2023.3	Sep-98	464,660	19.748	2458.52				
Oct-94	670360.7	27.353	3405.2	Oct-96	498842.3	21.201	2639.4	Oct-98	547,979	23.29	2899.36				
Nov-94	656688	25.244	3142.7	Nov-96	586668.5	24.934	3104.1	Nov-98	551,183	23.426	2916.31				
Dic-94	727807.7	21.791	2712.9	Dic-96	525974.2	22.354	2782.9	Dic-98	615,809	26.172	3258.25				
Promedio		28.71	3573.74	Promedio		19.84	2470.50	Promedio		22.34	2781.38				
Desviación estándar		3.7367	465.19	Desviación estándar		2.968	369.49	Desviación estándar		5.318	662.055				
Dispersión		26.03	26.03	Dispersión		29.91	29.91	Dispersión		47.61	47.61				

FUENTE: Cálculos propios

Tabla I.6 Evaluación de la dispersión de los indicadores de consumo total por área y capacidad del conjunto del IMSS (93-99)

Mes	Consumo total kWh	Índice de consumo energético total por: área (kWh/m <sup>2</sup> ) Cama (kWh/cama)		Mes	Consumo total kWh	Índice de consumo energético total por: área (kWh/m <sup>2</sup> ) Cama (kWh/cama)		Mes	Consumo total kWh	Índice de consumo energético total por: área (kWh/m <sup>2</sup> ) Cama (kWh/cama)		Mes	Consumo total kWh	Índice de consumo energético total por: área (kWh/m <sup>2</sup> ) Cama (kWh/cama)	
Ene-93	839,240	35.668	4440.4	Ene-95	854,116	36.301	4519.1	Ene-97	847104	36.003	4482	Ene-99	865114	36.8	4577.3
Feb-93	953,256	40.514	5043.7	Feb-95	799,581	33.983	4230.6	Feb-97	673827	28.638	3565.2	Feb-99	618874	26.3	3274.5
Mar-93	954,273	40.557	5049.1	Mar-95	753,564	32.027	3987.1	Mar-97	642070	27.288	3397.2	Mar-99	732736	31.1	3876.9
Abr-93	945,864	40.2	5004.6	Abr-95	675,929	28.727	3576.3	Abr-97	684502	29.092	3621.7	Abr-99	685415	29.1	3626.5
May-93	822,222	34.945	4350.4	May-95	688867	29.277	3644.8	May-97	598938	25.455	3169	May-99	752209	32	3979.9
Jun-93	866,133	36.811	4582.7	Jun-95	782102	33.24	4138.1	Jun-97	551624	23.444	2918.6	Jun-99	778937	33.1	4121.4
Jul-93	899,236	38.218	4757.9	Jul-95	663653	28.206	3511.4	Jul-97	632006	26.861	3343.9	Jul-99	789833	33.6	4179
Ago-93	805,488	34.234	4261.8	Ago-95	681029	28.944	3603.3	Ago-97	581765	24.725	3078.1	Ago-99	764672	32.5	4045.9
Sep-93	851,055	36.17	4502.9	Sep-95	630792	26.809	3337.5	Sep-97	572710	24.341	3030.2	Sep-99	739511	31.4	3912.8
Oct-93	925,960	39.354	4899.3	Oct-95	634245	26.956	3355.8	Oct-97	594233	25.255	3144.1	Oct-99	748971	31.8	3962.8
Nov-93	960,825	40.836	5083.7	Nov-95	649455	27.602	3436.3	Nov-97	603993	25.67	3195.7	Nov-99	700422	29.8	3705.9
Dic-93	815,598	34.664	4315.3	Dic-95	791299	33.631	4186.8	Dic-97	803888	34.166	4253.4	Dic-99	831676	35.3	4400.4
Promedio	886595.75	37.68	4690.98	Promedio	717052.61	30.48	3793.93	Promedio	648888.14	27.58	3433.27	Promedio	750697.42	31.91	3971.94
Desviación estándar		2.545	316.83	Desviación estándar		3.1953	397.79	Desviación estándar		3.9037	485.99	Desviación estándar		2.77	345.09
Dispersión		13.51	13.51	Dispersión		20.97	20.97	Dispersión		28.31	28.31	Dispersión		17.38	17.38
Ene-94	845378	36.548	4550	Ene-96	691982	29.41	3661.3	Ene-98	963423	40.946	5097.5	FUENTE: Cálculos propios			
Feb-94	838509.4	44.701	5564.9	Feb-96	640353	27.215	3388.1	Feb-98	769338	32.697	4070.6				
Mar-94	1025146	33.437	4162.7	Mar-96	668422	28.408	3536.6	Mar-98	685858	29.149	3628.9				
Abr-94	823987	42.103	5241.5	Abr-96	572285	24.323	3028	Abr-98	615024	26.139	3254.1				
May-94	859,944	39.751	4948.6	May-96	593793	25.237	3141.8	May-98	595933	25.328	3153.1				
Jun-94	1,051,766	37.008	4607.2	Jun-96	555979	23.63	2941.7	Jun-98	569583	24.208	3013.7				
Jul-94	786,744	35.815	4458.7	Jul-96	568060	24.143	3005.6	Jul-98	596328	25.344	3155.2				
Ago-94	990,646	37.715	4695.3	Ago-96	579528	24.63	3066.3	Ago-98	653047	27.755	3455.3				
Sep-94	935,290	36.301	4519.1	Sep-96	533610	22.679	2823.3	Sep-98	586100	24.91	3101.1				
Oct-94	870,761	33.983	4230.6	Oct-96	647642	27.525	3426.7	Oct-98	713339	30.317	3774.3				
Nov-94	842,688	32.027	3987.1	Nov-96	718668	30.544	3802.5	Nov-98	705263	29.974	3731.6				
Dic-94	887,408	28.727	3576.3	Dic-96	653894	27.791	3459.8	Dic-98	759089	32.262	4016.3				
Promedio	896522.29	36.51	4545.17	Promedio	618684.95	26.29	3273.47	Promedio	684360.45	29.09	3620.95				
Desviación estándar		4.3443	540.83	Desviación estándar		2.5121	312.73	Desviación estándar		4.7283	588.63				
Dispersión		23.80	23.80	Dispersión		19.11	19.11	Dispersión		32.51	32.51				

Tabla I.7 Resumen de la evaluación por dispersión estadística de los indicadores por consumo energético por área y capacidad del conjunto del IMSS.

Tipo	Año	Indicador de consumo por:					
		Área (kWh/m <sup>2</sup> )			Capacidad (kWh/cama)		
		Promedio	Desviación Estándar	Dispersión	Promedio	Desviación Estándar	Dispersión
Eléctrico	1993	7.68	1.27	33.05	956.70	158.08	33.05
	1994	8.02	0.99	24.56	998.94	122.68	24.56
	1995	7.33	0.94	25.58	912.70	116.73	25.58
	1996	6.45	0.62	19.36	802.96	77.73	19.36
	1997	6.47	0.60	18.40	805.29	74.09	18.40
	1998	6.74	1.20	35.56	839.58	149.26	35.56
Diesel	1999	7.25	0.79	21.82	902.57	98.49	21.82
	1993	30.00	2.78	18.53	3734.28	345.90	18.53
	1994	28.71	3.74	26.03	3573.74	465.19	26.03
	1995	23.14	3.52	30.42	2881.23	438.29	30.42
	1996	19.84	2.97	29.91	2470.50	369.49	29.91
	1997	21.11	4.27	40.46	2627.98	531.66	40.46
Total	1998	22.34	5.32	47.61	2781.38	662.05	47.61
	1999	24.52	2.76	22.53	3052.17	343.87	22.53
	1993	37.68	2.54	13.51	4690.98	316.83	13.51
	1994	36.51	4.34	23.80	4545.17	540.83	23.80
	1995	30.48	3.20	20.97	3793.93	397.79	20.97
	1996	26.29	2.51	19.11	3273.47	312.73	19.11
	1997	27.58	3.90	28.31	3433.27	485.99	28.31
	1998	29.09	4.73	32.51	3620.95	588.63	32.51
	1999	31.91	2.77	17.38	3971.94	345.09	17.38

FUENTE: Cálculos propios

Tabla 1.8 Evaluación de la dispersión de índices eléctricos del conjunto del IMSS.

Mes	Consumo eléctrico kWh	Demanda Máxima KW	Factor de Carga	PRODUCTO			Índice mensuales por consumo eléctrico por:					
				Egresos Hospital	Cirugías	% de ocupación (%)	Demanda Específica (kW-h/kWh)	área (kWh/m <sup>2</sup> )	Capacidad (kWh/cama)	producto		
										Egresos (kWh/Eg.)	Cirugías (kWh/Cir.)	% de ocup. (kWh/%)
Ene-97	145,200	266	71%	1286	779	106	1.4069	6.1711	768.25	112.908	186.393	1369.81
Feb-97	139,200	309	61%	1243	839	104.9	1.6515	5.9161	736.51	111.987	165.912	1327.48
Mar-97	142,800	308	60%	1276	805	111.6	1.6565	6.0691	755.56	111.912	177.391	1279.68
Abr-97	144,000	363	55%	1401	877	94.55	1.8149	6.1201	761.9	102.784	164.196	1523.00
May-97	164,400	407	56%	1297	791	95.37	1.7825	6.9871	869.84	126.754	207.838	1723.81
Jun-97	159,600	381	65%	1562	845	120.5	1.547	6.7831	844.44	102.177	188.876	1324.70
Jul-97	177,600	381	59%	1437	823	99.22	1.6989	7.5481	939.68	123.591	215.796	1789.96
Ago-97	165,600	381	58%	1607	838	105.6	1.7117	7.0381	876.19	103.049	197.613	1568.03
Sep-97	166,800	363	60%	1621	879	112.6	1.6714	7.0891	882.54	102.899	189.761	1481.88
Oct-97	141,600	359	55%	1598	821	114.7	1.8255	6.0181	749.21	88.6108	172.473	1235.06
Nov-97	147,600	312	60%	1310	892	88.58	1.6742	6.2731	780.95	112.672	165.471	1666.29
Dic-97	132,000	303	60%	1254	739	97.04	1.6742	5.6101	698.41	105.263	178.62	1360.26
Promedio	152,200	344	60%	1,408	827	104.21	1.68	6.47	805.29	108.72	184.19	1,470.83
Desviación estándar							0.1148	0.5951	74.085	10.273	16.774	184.09
Dispersión							13.69	18.40	18.40	18.90	18.21	25.03
Ene-98	150,000	300	63%	1030	740	108.7	1.584	6.3751	793.65	145.631	202.703	1379.82
Feb-98	109,200	297	64%	1145	845	99.48	1.5667	4.6411	577.78	95.3712	129.231	1097.71
Mar-98	147,600	341	56%	1053	739	98.19	1.7743	6.2731	780.95	140.171	199.729	1503.21
Abr-98	157,200	386	57%	1115	774	98.86	1.768	6.6811	831.75	140.987	203.101	1590.13
May-98	174,000	396	63%	1293	842	110.5	1.584	7.3951	920.63	134.571	206.651	1575.37
Jun-98	206,400	402	67%	1593	874	115.7	1.4959	8.7722	1092.1	129.567	236.156	1784.23
Jul-98	177,600	374	71%	1407	833	118.9	1.4152	7.5481	939.68	126.226	213.205	1493.94
Ago-98	198,000	381	64%	1161	889	130.7	1.5701	8.4151	1047.6	170.543	222.722	1514.69
Sep-98	121,440	376	64%	1615	853	126.9	1.5701	5.1613	642.54	75.195	142.368	956.90
Oct-98	165,360	375	64%	1478	907	93.8	1.5701	7.0279	874.92	111.881	182.315	1762.90
Nov-98	154,080	392	64%	1286	905	122.2	1.5701	6.5485	815.24	119.813	170.254	1260.47
Dic-98	143,280	344	56%	1235	894	83.07	1.7864	6.0895	758.1	116.016	160.268	1724.81
Promedio	158,680	364	63%	1,284	841	108.92	1.60	6.74	839.58	125.50	189.06	1,470.35
Desviación estándar							0.1141	1.199	149.26	24.743	32.653	258.07
Dispersión							14.22	35.56	35.56	39.43	34.54	35.10
Ene-99	146,760	315	63%	1201	906	82.04	1.5962	6.2374	776.51	122.198	161.987	1788.88
Feb-99	137,400	351	58%	1380	935	89.96	1.7167	5.8396	726.98	99.5652	146.952	1527.35
Mar-99	166,320	368	61%	1191	842	87.72	1.6461	7.0687	880	139.647	197.53	1896.03
Abr-99	166,320	368	61%	1180	946	81.16	1.6461	7.0687	880	140.949	175.814	2049.29
May-99	192,480	401	65%	1191	912	85.92	1.5499	8.1805	1018.4	161.612	211.053	2240.22
Jun-99	194,640	413	65%	1186	1124	88.25	1.5277	8.2723	1029.8	164.115	173.167	2205.55
Jul-99	179,520	387	62%	1274	916	87.7	1.6038	7.6297	949.84	140.911	195.983	2046.98
Ago-99	192,600	368	65%	1262	1010	88.55	1.5451	8.1856	1019	152.615	190.693	2175.04
Sep-99	178,560	375	63%	1256	955	85.18	1.5967	7.5889	944.76	142.166	186.974	2096.27
Oct-99	178,080	365	63%	1233	862	91.55	1.5873	7.5685	942.22	144.428	206.589	1945.17
Nov-99	158,720	353	60%	1249	894	84.42	1.6548	6.7457	839.79	127.078	177.539	1880.12
Dic-99	155,640	345	61%	1050	783	77.59	1.6491	6.6148	823.49	148.229	198.774	2005.93
Promedio	170,587	367	61%	1,221	924	85.84	1.61	7.25	902.57	140.29	185.25	1,988.07
Desviación estándar							0.0548	0.7912	98.492	17.631	18.842	199.77
Dispersión							6.81	21.82	21.82	25.13	20.34	20.10

FUENTE: Cálculos propios

Tabla 1.9 Evaluación de la dispersión de índices por consumo de diesel del conjunto del IMSS.

Mes	Consumo de diesel kWh	PRODUCTO			Índice mensuales por consumo de diesel por:				
		Egresos Hospital	Cirugías	% de ocupación (%)	área (kWh/m <sup>2</sup> )	Capacidad (kWh/cama)	producto		
						Egresos (kWh/Eg.)	Cirugías (kWh/Cir.)	% de ocup. (kWh/%)	
Ene-97	701,904	1286	779	106	29.831	3713.8	545.804	901.032	6621.74
Feb-97	534,627	1243	839	104.9	22.722	2828.7	430.11	637.219	5098.48
Mar-97	499,270	1276	805	111.6	21.219	2641.6	391.277	620.211	4474.14
Abr-97	540,502	1401	877	94.55	22.972	2859.8	385.797	616.307	5716.57
May-97	434,538	1297	791	95.37	18.468	2299.1	335.033	549.352	4556.33
Jun-97	392,024	1562	845	120.5	16.661	2074.2	250.976	463.934	3253.85
Jul-97	454,406	1437	823	99.22	19.313	2404.3	316.218	552.133	4579.78
Ago-97	416,165	1607	838	105.6	17.687	2201.9	258.97	496.617	3940.58
Sep-97	405,910	1621	879	112.6	17.251	2147.7	250.407	461.786	3606.17
Oct-97	452,633	1598	821	114.7	19.237	2394.9	283.249	551.319	3947.95
Nov-97	456,393	1310	892	88.58	19.397	2414.8	348.391	511.651	5152.32
Dic-97	671,888	1254	739	97.04	28.556	3555	535.796	909.186	6923.83
Promedio	496.688	1.408	827	104.21	21.11	2.627.98	361.00	605.90	4.822.65
Desviación estándar					4.2707	531.66	102.09	151.12	1143
Dispersión					40.46	40.46	56.56	49.88	47.40
Ene-98	813,423	1030	740	108.7	34.571	4303.8	789.731	1099.22	7482.50
Feb-98	660,138	1145	845	99.48	28.056	3492.8	576.54	781.229	6635.89
Mar-98	538,258	1053	739	98.19	22.876	2847.9	511.167	728.36	5481.80
Abr-98	457,824	1115	774	98.86	19.458	2422.3	410.604	591.504	4631.03
May-98	421,933	1293	842	110.5	17.932	2232.4	326.321	501.108	3820.13
Jun-98	363,183	1593	874	115.7	15.436	1921.6	227.987	415.541	3139.55
Jul-98	418,728	1407	833	118.9	17.796	2215.5	297.604	502.675	3522.28
Ago-98	455,047	1161	889	130.7	19.34	2407.7	391.944	511.864	3481.08
Sep-98	464,660	1615	853	126.9	19.748	2458.5	287.715	544.737	3661.34
Oct-98	547,979	1478	907	93.8	23.29	2899.4	370.757	604.166	5841.99
Nov-98	551,183	1286	905	122.2	23.426	2916.3	428.603	609.042	4509.03
Dic-98	615,809	1235	894	83.07	26.172	3258.2	498.63	688.824	7413.13
Promedio	525.680	1.284	841	108.92	22.34	2.781.38	426.47	631.52	4.968.31
Desviación estándar					5.318	662.05	152.76	180.6	1569.7
Dispersión					47.61	47.61	71.64	57.19	63.19
Ene-99	718,354	1201	906	82.04	30.531	3800.8	598.13	792.886	8756.15
Feb-99	481,474	1380	935	89.96	20.463	2547.5	348.894	514.945	5352.09
Mar-99	566,416	1191	842	87.72	24.073	2996.9	475.58	672.703	6457.09
Abr-99	519,095	1180	946	81.16	22.062	2746.5	439.911	548.726	6395.95
May-99	559,729	1191	912	85.92	23.789	2961.5	469.965	613.738	6514.53
Jun-99	584,297	1186	1124	88.25	24.833	3091.5	492.662	519.837	6620.93
Jul-99	595,193	1274	916	87.7	25.296	3149.2	467.184	649.774	6786.69
Ago-99	585,152	1262	1010	88.55	24.869	3096	463.67	579.358	6608.15
Sep-99	546,911	1256	955	85.18	23.244	2893.7	435.438	572.681	6420.65
Oct-99	570,411	1233	862	91.55	24.243	3018	462.62	661.729	6230.59
Nov-99	522,342	1249	894	84.42	22.2	2763.7	418.208	584.276	6187.42
Dic-99	672,956	1050	783	77.59	28.601	3560.6	640.911	859.459	8673.24
Promedio	576.861	1.221	924	85.84	24.52	3.052.17	476.10	630.84	6.750.29
Desviación estándar					2.7622	343.87	77.035	105.56	985.21
Dispersión					22.53	22.53	32.36	33.47	29.19



Tabla I.10 Evaluación de dispersión de índices por consumo energético total del conjunto IMSS.

Mes	Consumo total kWh	PRODUCTO			Índice mensuales por consumo de diesel por:				
		Egresos Hospital	Cirugías	% de ocupación (%)	área (kWh/m <sup>2</sup> )	Capacidad (kWh/cama)	producto		
							Egresos (kWh/Eg.)	Cirugías (kWh/Cir.)	% de ocup. (kWh/%)
Ene-97	847104.2	1286	779	106	36.003	4482	658.712	1087.43	7991.55
Feb-97	673826.5	1243	839	104.9	28.638	3565.2	542.097	803.131	6425.96
Mar-97	642069.6	1276	805	111.6	27.288	3397.2	503.189	797.602	5753.83
Abr-97	684501.5	1401	877	94.55	29.092	3621.7	488.581	780.503	7239.57
May-97	598937.6	1297	791	95.37	25.455	3169	461.787	757.19	6280.15
Jun-97	551623.8	1562	845	120.5	23.444	2918.6	353.152	652.809	4578.55
Jul-97	632005.8	1437	823	99.22	26.861	3343.9	439.809	767.929	6369.74
Ago-97	581764.8	1607	838	105.6	24.725	3078.1	362.019	694.23	5508.61
Sep-97	572710.2	1621	879	112.6	24.341	3030.2	353.307	651.547	5088.04
Oct-97	594232.6	1598	821	114.7	25.255	3144.1	371.86	723.791	5183.01
Nov-97	603992.6	1310	892	88.58	25.67	3195.7	461.063	677.122	6818.61
Dic-97	803888.3	1254	739	97.04	34.166	4253.4	641.059	1087.81	8284.09
Promedio	648.888	1.408	827	104.21	27.58	3.433.27	469.72	790.09	6.293.48
Desviación estándar					3.9037	485.99	104.94	148.73	1151.08
Dispersión					28.31	28.31	44.68	37.65	36.58
Ene-98	963422.7	1030	740	108.7	40.946	5097.5	935.362	1301.92	8862.32
Feb-98	769338.2	1145	845	99.48	32.697	4070.6	671.911	910.459	7733.60
Mar-98	685858.3	1053	739	98.19	29.149	3628.9	651.337	928.09	6985.01
Abr-98	615024	1115	774	98.86	26.139	3254.1	551.591	794.605	6221.16
May-98	595933	1293	842	110.5	25.328	3153.1	460.892	707.759	5395.50
Jun-98	569582.8	1593	874	115.7	24.208	3013.7	357.554	651.697	4923.78
Jul-98	596328.4	1407	833	118.9	25.344	3155.2	423.83	715.88	5016.22
Ago-98	653046.7	1161	889	130.7	27.755	3455.3	562.486	734.586	4995.77
Sep-98	586100.4	1615	853	126.9	24.91	3101.1	362.91	687.105	4618.24
Oct-98	713338.8	1478	907	93.8	30.317	3774.3	482.638	786.482	7604.89
Nov-98	705263.4	1286	905	122.2	29.974	3731.6	548.416	779.297	5769.50
Dic-98	759088.5	1235	894	83.07	32.262	4016.3	614.647	849.092	9137.94
Promedio	684.360	1.284	841	108.92	29.09	3.620.95	551.96	820.58	6.438.66
Desviación estándar					4.7283	588.63	159.08	174.02	1589.54
Dispersión					32.51	32.51	57.64	42.41	49.37
Ene-99	865114.3	1201	906	82.04	36.768	4577.3	720.328	954.872	10545.03
Feb-99	618873.6	1380	935	89.96	26.303	3274.5	448.459	661.897	6879.43
Mar-99	732735.7	1191	842	87.72	31.142	3876.9	615.227	870.232	8353.12
Abr-99	685415.1	1180	946	81.16	29.131	3626.5	580.86	724.54	8445.23
May-99	752208.8	1191	912	85.92	31.969	3979.9	631.578	824.79	8754.76
Jun-99	778937.1	1186	1124	88.25	33.105	4121.4	656.777	693.005	8826.48
Jul-99	789832.6	1274	916	87.7	33.568	4179	619.963	862.263	9006.07
Ago-99	764671.6	1262	1010	88.55	32.499	4045.9	605.92	757.101	8635.48
Sep-99	739510.6	1256	955	85.18	31.43	3912.8	588.782	774.357	8681.74
Oct-99	748970.7	1233	862	91.55	31.832	3962.8	607.438	868.876	8181.00
Nov-99	700422.4	1249	894	84.42	29.768	3705.9	560.787	783.47	8296.88
Dic-99	831676.4	1050	783	77.59	35.347	4400.4	792.073	1062.17	10718.86
Promedio	750.697	1.221	924	85.84	31.91	3.971.94	619.02	819.80	8.777.01
Desviación estándar					2.772	345.09	83.648	113.28	1020.58
Dispersión					17.38	17.38	27.03	27.64	23.26

Tabla I.11 Índices por consumo energético total del conjunto IMSS.

Hospital	Tipo	Energía total (MWh)	Número de camas	área (m <sup>2</sup> )	área climatizada (m <sup>2</sup> )	MWh/cama	kWh/m <sup>2</sup>
Leila Post, EUA (A. Thumann, 1983)				29370	26246.00		1166.00
Dartmouth-Hitchcock, EUA (S. Jakélius, 1996)	Universidad	66,800	328	101,000	92000.00	203.66	661.39
C.M. Albany, EUA (S. Jakélius, 1996)	Universidad	49,000	655	170,000	170,000	74.81	288.24
Queen Elizabeth, Reino Unido (S. Jakélius, 1996)	Universidad	77,516	800	77,000	40000.00	96.90	1006.70
Centre H. De Gatineau, Canadá (S. Jakélius, 1996)	Público General	49,200	323	39,000	39,000	152.32	1261.54
Auckland, Nueva Zelanda (S. Jakélius, 1996)	Público General	62,700	560	94,000	94,000	111.96	667.02
Benlla, Australia (S. Jakélius, 1996)	Público General	4,202	106	5,565	5,565	39.64	755.08
Ballarat, Australia (S. Jakélius, 1996)	Público General	17,700	200	41,200	32200.00	88.50	429.61
Löwenströmska, Suecia (S. Jakélius, 1996)	Público General	22,175	350	50,000	50,000	63.36	443.50
Stokmarknes, Noruega (S. Jakélius, 1996)	Público General	4,100	75	15,000	14000.00	54.67	273.33
Airedale, Reino Unido (S. Jakélius, 1996)	Público General	24,111	650	56,100	19344.00	37.09	429.79
Hull Royal, Reino Unido (S. Jakélius, 1996)	Público Particular de NHS	43,640	771	111,087	38305.00	56.60	392.85
Oberengadin, Suiza (S. Jakélius, 1996)	Público General	5,587	124	25,980	22560	45.06	215.05
Conjunto IMSS, Aguascalientes, México	Público	8,536	189	23,529		45.16	362.79

FUENTE: Cálculos propios

Tabla I.12 Análisis del índice de demanda eléctrica específica del conjunto del IMSS.

Mes- año	Consumo kWh	Demanda máxima KW	FC <sup>1</sup>	Índice de demanda específica			
				Actual	Esperada	Diferencia	en exceso kW
Ene-97	109,200	297	63.83%	1.5667	1.5667	0.0000	0.00
Feb-97	121,440	376	<b>63.69%</b>	1.5701	1.5123	0.0578	21.72
Mar-97	132,000	303	<b>59.73%</b>	1.6742	1.4655	0.2087	63.25
Abr-97	137,400	351	58.25%	1.7167	1.4415	0.2753	96.61
May-97	139,200	309	60.55%	1.6515	1.4335	0.2180	67.37
Jun-97	141,600	359	54.78%	1.8255	1.4228	0.4026	144.55
Jul-97	142,800	308	60.37%	1.6565	1.4175	0.2389	73.59
Ago-97	143,280	344	55.98%	1.7864	1.4154	0.3710	127.61
Sep-97	144,000	363	55.10%	1.8149	1.4122	0.4027	146.18
Oct-97	145,200	266	71.08%	1.4069	1.4069	0.0000	0.00
Nov-97	146,760	315	62.65%	1.5962	1.4073	0.1889	59.50
Dic-97	147,600	312	59.73%	1.6742	1.4075	0.2667	83.22
Ene-98	147,600	341	56.36%	1.7743	1.4075	0.3668	125.09
Feb-98	150,000	300	63.13%	1.5840	1.4081	0.1759	52.78
Mar-98	154,080	392	<b>63.69%</b>	1.5701	1.4092	0.1609	63.09
Abr-98	155,640	345	60.64%	1.6491	1.4096	0.2395	82.63
May-98	157,200	386	56.56%	1.7680	1.4100	0.3581	138.22
Jun-98	158,720	353	60.43%	1.6548	1.4104	0.2445	86.29
Jul-98	159,600	381	64.64%	1.5470	1.4106	0.1364	51.99
Ago-98	164,400	407	56.10%	1.7825	1.4118	0.3707	150.88
Sep-98	165,360	375	<b>63.69%</b>	1.5701	1.4121	0.1580	59.26
Oct-98	165,600	381	58.42%	1.7117	1.4121	0.2996	114.15
Nov-98	166,320	368	60.75%	1.6461	1.4123	0.2338	86.03
Dic-98	166,320	368	60.75%	1.6461	1.4123	0.2338	86.03
Ene-99	166,800	363	59.83%	1.6714	1.4124	0.2590	94.00
Feb-99	174,000	396	63.13%	1.5840	1.4143	0.1697	67.21
Mar-99	177,600	381	58.86%	1.6989	1.4152	0.2837	108.10
Abr-99	177,600	374	70.66%	1.4152	1.4152	0.0000	0.00
May-99	178,080	365	63.00%	1.5873	1.4166	0.1707	62.32
Jun-99	178,560	375	62.63%	1.5967	1.4179	0.1788	67.04
Jul-99	179,520	387	62.35%	1.6038	1.4206	0.1832	70.92
Ago-99	192,480	401	64.52%	1.5499	1.4569	0.0930	37.30
Sep-99	192,600	368	64.72%	1.5451	1.4572	0.0879	32.34
Oct-99	194,640	413	65.46%	1.5277	1.4630	0.0647	26.72
Nov-99	198,000	381	63.69%	1.5701	1.4724	0.0977	37.24
Dic-99	206,400	402	66.85%	1.4959	1.4959	0.0000	0.00
Promedio	160.489	358.50	0.62	1.6303	1.43		71.76
					Potencial de ahorro		20.0156

FUENTE: Cálculos propios

<sup>1</sup> Los valores marcados con letras negrillas de ésta columna son valores supuestos.

Tabla 1.13 Evaluación del potencial de ahorro energético por correlación estadística de índices del conjunto del IMSS (1993-1999).

Mes	Area Consumo eléctrico kWh	23529 m2		Capacidad 189 camas					
		Índice (kWh/m2)	Índice Esperado	Índice Diferencia	Índice exceso kWh	Índice (kWh/cama)	Índice Esperado	Índice Diferencia	Índice exceso kWh
Ene-93	839,240	35.66831	35.668	0	0	4440.4211	4440.42107	0	0
Feb-93	953,256	40.51407	35.487	5.02657493	118270.282	5043.6803	4417.91161	625.768686	118270.3
Mar-93	954,273	40.5573	35.307	5.25061309	123541.675	5049.0618	4395.40215	653.659658	123541.7
Abr-93	945,864	40.19992	35.126	5.07404633	119387.236	5004.5712	4372.89269	631.678498	119387.2
May-93	822,222	34.94506	34.945	0	0	4350.3832	4350.38322	0	0
Jun-93	866,133	36.81128	34.708	2.10328912	49488.2896	4582.7118	4320.86897	261.842802	49488.29
Jul-93	899,236	38.21819	34.471	3.74727985	88169.7475	4757.8613	4291.35473	466.506601	88169.75
Ago-93	805,488	34.23383	34.234	0	0	4261.8405	4261.84048	0	0
Sep-93	851,055	36.17048	34.341	1.82922823	43039.911	4502.938	4251.92295	251.015065	47441.85
Oct-93	925,960	39.35399	34.449	4.90531427	115417.139	4899.2595	4242.00542	657.254033	124221
Nov-93	960,825	40.83579	34.556	6.2796953	147754.951	5083.7321	4232.0879	851.644232	160960.8
Dic-93	815,598	34.66352	34.664	0	0	4315.333	4222.17037	93.1626748	17607.75
Ene-94	845378	35.9292	34.488	1.44086682	33902.1555	4472.8998	4212.25285	260.646995	49262.28
Feb-94	838509.4	35.63727	34.313	1.32413368	31155.5412	4436.5578	4202.33532	234.22248	44268.05
Mar-94	1025146	43.56946	34.138	9.43151352	221914.082	5424.0526	4192.4178	1231.63476	232779
Abr-94	823987	35.02006	33.963	1.05730062	24877.2263	4359.7198	4182.50027	177.219554	33494.5
May-94	859,944	36.54827	33.788	2.76070085	64956.5302	4549.9699	4172.58275	377.387199	71326.18
Jun-94	1,051,766	44.70085	33.612	11.0884622	260900.427	5564.9005	4162.66522	1402.23523	265022.5
Jul-94	786,744	33.43719	33.437	0	0	4162.6652	4162.66522	0	0
Ago-94	990,646	42.10321	32.914	9.1893145	216215.381	5241.515	4097.51824	1143.99672	216215.4
Sep-94	935,290	39.75052	32.391	7.35993205	173171.841	4948.6244	4032.37126	916.253128	173171.8
Oct-94	870,761	37.00798	31.867	5.14069269	120955.358	4607.1997	3967.22428	639.975441	120955.4
Nov-94	842,688	35.81487	31.344	4.47088155	105195.372	4458.6666	3902.0773	556.589269	105195.4
Dic-94	887,408	37.71549	30.821	6.89480626	162227.897	4695.279	3836.93032	858.348659	162227.9
Ene-95	854,116	36.30055	30.297	6.00316858	141248.554	4519.1302	3771.78334	747.346845	141248.6
Feb-95	799,581	33.9828	29.774	4.20872464	99027.082	4230.5892	3706.63636	523.952815	99027.08
Mar-95	753,564	32.02704	29.251	2.77626233	65322.6763	3987.112	3641.48938	345.622626	65322.68
Abr-95	675,929	28.72747	28.727	0	0	3576.3424	3576.3424	0	0
May-95	688867	29.27737	28.554	0.72381361	17030.6105	3644.8003	3554.69124	90.1090504	17030.61
Jun-95	782102.3	33.23993	28.380	4.86028735	114357.701	4138.1073	3533.04008	605.067202	114357.7
Jul-95	663652.5	28.20573	28.206	0	0	3511.3889	3511.38892	0	0
Ago-95	681028.9	28.94423	27.507	1.43680851	33806.6674	3603.3275	3424.45621	178.871256	33806.67
Sep-95	630791.9	26.80913	26.809	0	0	3337.5235	3337.5235	0	0
Oct-95	634244.7	26.95587	26.454	0.50197108	11810.8776	3355.7922	3293.30079	62.4914161	11810.88
Nov-95	649455	27.60232	26.099	1.50364535	35379.2715	3436.27	3249.07807	187.191913	35379.27
Dic-95	791298.9	33.63079	25.743	7.88733873	185581.193	4186.7664	3204.85535	981.911073	185581.2
Ene-96	691982.4	29.40977	25.388	4.02154267	94622.8776	3661.2828	3160.63264	500.650146	94622.88
Feb-96	640353.4	27.2155	25.033	2.18249674	51351.9657	3388.1134	3116.40992	271.703522	51351.97
Mar-96	668422.1	28.40844	24.678	3.73066248	87778.7575	3536.6251	3072.1872	464.43787	87778.76
Abr-96	572285.3	24.32255	24.323	0	0	3027.9645	3027.96449	0	0
May-96	593793	25.23664	23.976	1.260603	29660.7281	3141.7619	2984.82684	156.935069	29660.73
Jun-96	555979.3	23.62953	23.630	0	0	2941.6892	2941.6892	0	0
Jul-96	568060.2	24.14298	23.313	0.83035053	19537.3175	3005.6096	2902.23754	103.37205	19537.32
Ago-96	579528.4	24.63039	22.996	1.63466019	38461.9195	3066.2881	2862.78587	203.50222	38461.92
Sep-96	533610.2	22.67883	22.679	0	0	2823.3342	2823.33421	0	0
Oct-96	647642.3	27.52528	22.764	4.76138498	112030.627	3426.6789	2833.92425	592.754642	112030.6
Nov-96	718668.5	30.54394	22.849	7.69498343	181055.265	3802.4787	2844.5143	957.964365	181055.3
Dic-96	653894.2	27.79099	22.934	4.85696313	114279.485	3459.7577	2855.10434	604.653362	114279.5

Tabla I.13 Evaluación del potencial de ahorro energético por correlación estadística de índices del conjunto del IMSS (1993-1999).

Mes	Area Consumo eléctrico kWh	23529	m2	Capacidad		189 camas		exceso kWh	
		Índice (kWh/m2)	Índice Esperado	Índice Diferencia	Índice exceso kWh	Índice Esperado	Índice Diferencia		
Ene-97	847104.2	36.00256	23.019	12.9834675	305488.007	4482.033	2865.69438	1616.33866	305488
Feb-97	673826.5	28.63813	23.104	5.53396855	130208.746	3565.2196	2876.28443	688.935165	130208.7
Mar-97	642069.6	27.28843	23.189	4.09920993	96450.3104	3397.1936	2886.87447	510.319103	96450.31
Abr-97	684501.5	29.09182	23.274	5.81753268	136880.726	3621.7012	2897.46451	724.236647	136880.7
May-97	598937.6	25.45529	23.359	2.09593582	49315.274	3168.9819	2908.05455	260.927376	49315.27
Jun-97	551623.8	23.44442	23.444	0	0	2918.6446	2918.6446	0	0
Jul-97	632005.8	26.86072	23.743	3.11756524	73353.1926	3343.9462	2926.56303	417.383118	78885.41
Ago-97	581764.8	24.72544	24.042	0.68355541	16083.3752	3078.1207	2934.48147	143.639199	27147.81
Sep-97	572710.2	24.34061	24.341	0	0	3030.2129	2942.3999	87.812964	16596.65
Oct-97	594232.6	25.25533	24.326	0.92948668	21869.8921	3144.088	2950.31834	193.769683	36622.47
Nov-97	603992.6	25.67014	24.311	1.35906289	31977.3908	3195.7283	2958.23677	237.491516	44885.9
Dic-97	803888.3	34.16585	24.296	9.86954331	232220.485	4253.377	2966.15521	1287.22179	243284.9
Ene-98	963422.7	40.94618	24.282	16.6646462	392102.461	5097.4748	2974.07364	2123.40118	401322.8
Feb-98	769338.2	32.69745	24.267	8.43067821	198365.428	4070.5726	2981.99208	1088.58051	205741.7
Mar-98	685858.3	29.14949	24.252	4.89748939	115233.028	3628.8801	2989.91051	638.969548	120765.2
Abr-98	615024	26.13898	24.237	1.90174673	44746.1989	3254.0953	2997.82894	256.266367	48434.34
May-98	595933	25.3276	24.222	1.10513311	26002.677	3153.0847	3005.74738	147.337298	27846.75
Jun-98	569582.8	24.20769	24.208	0	0	3013.6658	3013.66581	0	0
Jul-98	596328.4	25.3444	24.442	0.90270551	21239.758	3155.177	3042.79731	112.379672	21239.76
Ago-98	653046.7	27.75497	24.676	3.07927193	72452.1893	3455.2737	3071.92881	383.344917	72452.19
Sep-98	586100.4	24.9097	24.910	0	0	3101.0603	3101.0603	0	0
Oct-98	713338.8	30.31743	25.188	5.12914999	120683.77	3774.2794	3135.74097	638.538466	120683.8
Nov-98	705263.4	29.97422	25.467	4.50736023	106053.679	3731.5522	3170.42163	561.130576	106053.7
Dic-98	759088.5	32.26183	25.745	6.51639316	153324.215	4016.3415	3205.1023	811.239231	153324.2
Ene-99	865114.3	36.768	26.024	10.7439888	252795.312	4577.3243	3239.78296	1337.54133	252795.3
Feb-99	618873.6	26.30259	26.303	0	0	3274.4636	3274.46363	0	0
Mar-99	732735.7	31.14181	26.688	4.45412404	104801.085	3876.9084	3322.40528	554.503093	104801.1
Abr-99	685415.1	29.13065	27.073	2.05786581	48419.5247	3626.5349	3370.34693	256.187961	48419.52
May-99	752208.8	31.96944	27.458	4.51155182	106152.303	3979.941	3418.28859	561.652396	106152.3
Jun-99	778937.1	33.10541	27.843	5.2624243	123819.581	4121.3603	3466.23024	655.13006	123819.6
Jul-99	789832.6	33.56847	28.228	5.34039246	125654.094	4179.0084	3514.17189	664.836477	125654.1
Ago-99	764671.6	32.49911	28.613	3.88593585	91432.1845	4045.8817	3562.11355	483.768172	91432.18
Sep-99	739510.6	31.42975	28.998	2.43147586	57210.1956	3912.7546	3610.0552	302.699448	57210.2
Oct-99	748970.7	31.83181	29.383	2.44843764	57609.2893	3962.8079	3657.99685	304.811054	57609.29
Nov-99	700422.4	29.76847	29.768	0	0	3705.9385	3705.9385	0	0
Dic-99	831676.4	35.34687	35.347	0	0	4400.4044	4400.40443	0	0
PORM	743,257	32	28		82,915	3,933	3,481	451	85,320
					11.16%				11.48%
					994975.57				1023839

FUENTE: Cálculos propios