



D-8161

658.26
C824

**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL**

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

**EVALUACION ENERGETICA DE UNA
INDUSTRIA PROCESADORA DE
PRODUCTOS DE PROTECCION
SANITARIA**

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE :

INGENIERO MECANICO

Presentada por :

JORGE PAUL CORREA CORREA

GUAYAQUIL - ECUADOR

1987



AGRADECIMIENTO

Al Ing. Eduardo Donoso P. ,
Director de Tesis , por su
invalorable guía .

A Johnson & Johnson del Ecuador S.A.
y de manera muy especial al Ing. Juan
Chalén P. , Gerente de Ingeniería,
cuya confianza y ayuda hizo posible
la realización de este trabajo.



DEDICATORIA

A mi Padre , cuyo recuerdo me acompaña e inspira a la superación en cada momento de mi vida.

A mi querida madre, cuyo sacrificio espero poder compensar algún día.

A mis hermanos

A mi Familia , que siempre supo confiar en mi.

Para ellos , mi amor y mi gratitud eterna por sus infinitas bondades.

Al Dr. Jose Campozano P. , cuyo
sagrado valor de la amistad
recordaré siempre.



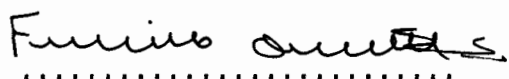
ING. EDUARDO ORCES PAREJA

Decano de Facultad
Ingeniería Mecánica



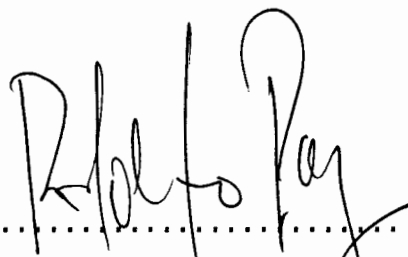
ING. EDUARDO DONOSO PEREZ

Director de Tesis



ING. FRANCISCO ANDRADE

Miembro del Tribunal



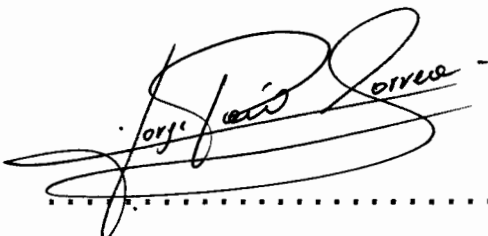
ING. RODOLFO PAZ MORA

Miembro del Tribunal

DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis , me corresponden exclusivamente ; y , el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL. "

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de
1a ESPOL)

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Jorge Paul Correa Correa", written over a horizontal dotted line.

Jorge Paul Correa Correa

RESUMEN

Este estudio detalla los ahorros en consumo de Energía de la empresa Johnson & Johnson del Ecuador S.A., la cual manufactura productos de protección sanitaria .

Los ahorros estimados están basados en los hallazgos durante diez meses de evaluación Energética conducida bajo patrocinación de la empresa ya mencionada.

Los ahorros potenciales identificados en este estudio , excluyendo el reemplazo de la unidad de refrigeración y la implementación de un secador frigorífico, representan 51.470,66 KWH por semestre, es decir S/. 320.662,21 (sucres) mas incalculados aumentos de productividad, todo esto basado en costos marginales en boga.

Esta reducción en uso de Energía representa el 10,45 % del Consumo global correspondiente al primer semestre de 1986.

Los costos de capital requeridos para implantar ciertos cambios recomendados son estimados en S/. 800.000,00 con un período simple de retorno de 2,5 semestres (un año con tres meses).

El estudio comenzó en Marzo/86 y finalizó en Diciembre/86 ; gran parte de este tiempo se coleccionó datos históricos y experimentales, se uso instrumentación portátil para medir niveles de iluminación, factor de potencia , voltajes, corrientes, temperaturas, etc.

El balance de esta evaluación preliminar consistio en el analisis de datos reunidos, formulacion de estrategias para conservación de energía y cálculos de los posibles ahorros a lograrse con la implantación de las medidas recomendadas

INDICE GENERAL

	<u>Pág.</u>
RESUMEN	VII
INDICE GENERAL	IX
INDICE DE FIGURAS	XII
INDICE DE CUADROS	XIV
INTRODUCCION	18
CAPITULO I	
EVALUACION ENERGETICA PRELIMINAR	
1.1. Organización de datos de consumo y costo de energía	22
1.2. Evaluación objetiva de la condición de la planta	36
1.2.1. Proyecciones para el consumo y costo de electricidad	61
1.3. Identificación de los sistemas que consumen mas energía	66
1.4. Desarrollo del plan de acción	70
1.4.1. Oportunidades de conservación de ejecución inmediata	73
CAPITULO II	
EVALUACION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AIRE COMPRIMIDO	

	<u>Pag.</u>
2.1. Análisis del sistema actual	81
2.2. Perspectivas de conservación energética	102
CAPITULO III	
EVALUACION DEL SISTEMA DE CLIMATIZACION	
3.1. Análisis sistematico de los equipos acondicionadores de aire	117
3.1.1. Perspectivas de conservación energética	127
3.2. Análisis sistematico del equipo de refrigeración y camara refrigerada	139
3.2.1. Perspectivas de conservación energética	156
CAPITULO IV	
EVALUACION SISTEMATICA DE LA ILUMINACION	
4.1. Análisis del sistema actual	162
4.2. Perspectivas de conservación energética	177
CAPITULO V	
EVALUACION DE LOS FACTORES DE CARGA Y POTENCIA	
5.1. Análisis del factor de potencia	192

	<u>Paq.</u>
5.2. Análisis del factor de carga	205
5.2.1. Generalidades	205
5.2.2. Influencia del factor de carga en el costo de Kilo-watio hora consumido	212
5.2.3. Programación de la producción en función del costo de la energía utilizando una hoja electrónica	231
 CAPITULO VI	
EVALUACION DEL ESTADO DEL AISLAMIENTO TERMICO	
6.1. Perspectivas de ahorro energético	260
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	270
APENDICES	280
BIBLIOGRAFIA	319

INDICE DE FIGURAS

	<u>paq.</u>
1.1. Cadena de Mando y Organización de la División de Operaciones	38
1.2. Trazado Físico de la Planta	44
1.3. Distribución de Energía	45
1.4. Energía utilizada para servicios de producción y medio ambiente	46
1.5. Sistemas de mayor consumo de energía	47
1.6. Sistemas Principales	48
1.7. Consumo de Combustible	51
1.8. Costo de Combustible	51
1.9. Consumo específico de Electricidad	53
1.10. Consumo específico de Combustible	54
1.11. Control del factor de carga	57
1.12. Consumo de Electricidad	62
1.13. Costo de Electricidad	62
1.14. Consumo Energético de Planta	66
1.15. Consumo Energético por Climatización	67
1.16. Consumo Energético por Iluminación	68
2.1. Diagrama representativo del	

	<u>paq.</u>
Sistema de Compresión de Aire	80
2.2. Elementos de la Instalación	83
2.3. Disposición de la Red	96
2.4. Potencial de ahorro energético disminuyendo la presión de descarga	115
3.1. Tipo y construcción en paredes y techos	147
4.1. Iluminación vs Porcentaje de Productividad	178
5.1. Desplazamiento de Fase entre Intensidad y Tensión para diferente cargas	197
5.2. Relaciones de vectores en Sistemas de Potencia de Corriente Alterna	200
5.3. Variación Cronológica de la Carga	209
5.4. Diagrama de duración de carga	212
5.5. Factor de Carga vs Costo del KWH	216
5.6. Diagrama de Contro del Factor de Carga	221
5.7. Diseño de la Tarifa	229
6.1. Sistema de Aislamiento simple para superficies cilíndricas (tubos)	246
6.2. Curvas Básicas de Espesor Optimo	252
6.3. Espesor Optimo, Tubo 7,62 cm	258

INDICE DE CUADROS

	<u>paq.</u>
1.1. Información General	23
1.2. Control del Consumo de Energía	
(primer semestre de 1985)	24
1.3. Control del Consumo de Energía	
(Segundo semestre de 1985)	25
1.4. Control de Consumo de Energía	
(primer semestre de 1986)	26
1.5. Control del Consumo de Energía	
(Segundo semestre de 1986)	27
1.6. Historial de Datos de Cantidad	
y Costo de Electricidad	28
1.7. Historial de Datos de Cantidad	
y Costo de Combustible	29
1.8. Historial de Consumo y Costo	
de Energía	30
1.9. Sistema de Climatización	31
1.10. Sistema de Iluminación	32
1.11. Oportunidades de Conservación	
Identificadas pero no Implantadas	41
1.12. Proyección del Consumo de	
Electricidad	63
1.13. Proyección del Costo de	

	<u>paq.</u>
Electricidad	64
1.14. Implantación del Plan de Acción	74
2.1. Datos Generales del Sistema de Aire comprimido	79
2.2. Recopilación de resultados del cálculo	90
2.3. Potencial de Ahorro Energético con respecto a la disminución de la temperatura de entrada de aire atmosférico	103
2.4. Recopilación de resultados del Cálculo (incluido el secador)	109
2.5. Datos de Inspección y Representación de la pérdida económica por fugas	112
3.1. Identificación y capacidad de equipos	119
3.2. Potencia en Equipos de Climatización	123
3.3. Control General de Consumo de Energía en Sistemas de Climatización	124
3.4. Potencia aproximada de entrada	125
3.5. Datos estimados de la Inspección (Cámara Refrigerada)	144
3.6. Carga Térmica en las Paredes	

	<u>páq.</u>
y Techos	148
3.7. Datos comparativos de Diseño	
y Equipo actual	156
3.8. Características principales del	
equipo de refrigeración seleccionado	158
4.1. Comparación entre los niveles	
de Iluminación medidos y	
y mínimos establecidos	165
4.2. Potencia y Consumo de Energía del	
Sistema de Iluminación (I/1986)	176
4.3. Información General para el	
Cálculo de Iluminación	180
4.4. Resultados del Cálculo de Iluminación	183
5.1. Datos de Inspección y Resultados	202
5.2. Datos Cronológicos computados de	
Tarifas y Consumos de Energía	220
5.3. Control Cronológico del Factor	
de Carga	221
5.4. Comparación de Costos en Base a	
la Demanda Facturada	226
5.5. Diseño de la Tarifa	228
5.6. Programación de Hoja Electrónica	235
5.7. Control de la Producción en	

	<u>paq.</u>
función del Costo de la Energía (Hoja de Datos)	238
5.8. Control de la Producción en función del Costo de la Energía (Hoja de Resultados)	239
6.1. Propiedades de algunos materiales Aislantes Termicos	244
6.2. Obtención de Datos y Mediciones	259
6.3. Procedimiento para determinar el Costo de Calor	262
6.4. Hoja de Trabajo para el Costo Unitario de Aislamiento	263
6.5. Hoja de Trabajo para determinación del Costo Incremental de Aislamiento	263
6.6. Procedimiento para determinar el Espesor Optimo de Aislamiento	264
6.7. Secciones con aislamiento deteriorado	269

INTRODUCCION

El interés por el mejor uso de la Energía data desde hace unos pocos años atrás en nuestro medio, en particular a raíz del aumento de precio de los combustibles .

Con el objeto de concientizar este interés , se ha introducido una serie de medidas en la industria ,que ayudaran a promover el uso mas eficiente de energía; Estas medidas comprenden desde medidas simples de mantenimiento hasta medidas que envuelven cambios en el proceso. Entre estos dos extremos se encierran una serie de pasos tendientes a reducir en mayor o menor escala el uso de energía sin disminuir la capacidad de producción.

Es así que el proceso de Evaluaciones Energetica pasa a ser una primera identificación de las pérdidas de energía en una planta industrial y la determinación de como éstas pérdidas pueden ser reducidas de manera rentable.

Creemos firmemente que el éxito de esta empresa en reducir el consumo de energía y su costo depende de la implementación de un programa de

manejo de energía. Este podría involucrar muchas acciones operativas y administrativas, a mas de aquellas que ahorran energía directamente.

Ahora para que este programa de conservación de energía , de los resultados que se esperan, es necesario que el personal involucrado este completamente convencido de que el esfuerzo en que se halla empeñado , es valioso.

Esta idea no es difícil de practicarla si consideramos que todas las personas involucradas en un programa de este tipo, ya sean ingenieros , técnicos, jefes de planta, etc., tienen un compromiso contraído en base a su formación técnica, de obtener el máximo rendimiento al menor costo.

A continuación se menciona los pasos básicos de un programa de conservación energética.

- * Tomar la decisión de conservar energía y organizar el programa.
- * Nombrar un Coordinador de Energía.
- * Definir alcance y objetivos del programa.
- * Conducir una Evaluación Energética Preliminar:

- Organizar recursos.
- Recolectar datos de consumo y costo de Energía
- Analizar los datos
- Desarrollar un plan de acción para la Evaluación Energética Detallada
- * Conducir una Evaluación Energética Detallada
 - Recolectar datos sobre el rendimiento energético
 - Analizar los datos
- Determinar potenciales de conservación
- * Poner en marcha las estrategias
- * Monitorear los resultados
- * Redefinir metas y objetivos
- * Repetir el proceso de evaluaciones

CAPITULO I

EVALUACION ENERGETICA PRELIMINAR

La evaluación energética preliminar es generalmente uno de los primeros pasos al llevar adelante la implantación de un programa de conservación de energía.

Este capítulo proveera información sobre como se condujo la evaluación preliminar; la cual consiste esencialmente en recolectar y analizar datos. Es importante señalar que se ha utilizado solo datos disponibles y la parte tecnica ha sido completada sin el uso de instrumentos sofisticados . Los resultados de estas evaluaciones preliminares incluyeron lo siguiente:

- * Desarrollo de la base de datos de consumo de energía para la empresa.
- * Evaluación objetiva de la condición de la planta.
- * Identificación de los sistemas de mayor consumo de energía.
- * Plan de acción para futuros trabajos de evaluaciones energéticas.

1.1. ORGANIZACION DE DATOS DE CONSUMO Y COSTO DE ENERGIA

Se ha reunido la mayor parte de información que influye en el uso de energía de la planta, tal información incluye pero no esta necesariamente limitada, lo siguiente:

- * Consumo de energía para todos los tipos de energía usados en la planta.
- * Costo de la energía y tarifa predominante.
- * Horarios de operación de la planta.
- * Producto o función de la planta.
- * Localización de la planta.
- * Equipos consumidores de energía en la planta incluyendo sistemas de producción y medio ambiente.

Toda esta información ha sido reunida en formularios típicos, como se muestra en los cuadros 1.1. ; 1.2. ; 1.3. ; 1.4. ; 1.5. ; 1.6. ; 1.7. ; 1.8. ; 1.9. ; 1.10. dados a continuación:

CUADRO 1.1.

INFORMACION GENERAL

Fecha : Noviembre 15 de 1986
 Periodo de evaluacion : Marzo/86 a Diciembre/86
 Nombre de la empresa : Johnson & Johnson del Ecuador
 Direccion : Km 1.5 via Duran-Tambo
 Tipo de Industria : Farmaceutica
 Director General : Sr. Willian Filotas
 Coordinador de Energia: Ing. Juan Chalen P.

<u>FUENTES DE ENERGIA</u>	<u>PROVEEDOR</u>	<u>TARIFA ACTUAL</u>
Electricidad	E M E L G U R	S/.6,23/KWH
Fuel Oil #2	Distribuidor	S/. 42 /GAL.

Estacion de tiempo mas proxima : VERANO

CUADRO 1.2.

CONTROL DEL CONSUMO DE ENERGIA

Periodo : Primer semestre 1985

<u>CONSUMO</u>	Total horas	KW	KWH
Factor de diversificación = 0,8			
1. Toallas 1	621,1	22,9	14216,1
2. Toallas 2	297,8	19,4	5773,4
3. Toallas 3	1632,8	28,7	46907,5
4. Carefree	205,6	22,3	4579,7
5. Panal 1	336,3	81,0	27236,3
6. Panal 2	478,7	81,0	38769,0
7. Talco	453,6	4,5	2026,9
8. Cepillos	48,0	1,5	71,5
9. Cortadora Pulpa	0,0	1,9	0,0
10. Compresor	1440,0	37,3	53683,2
11. Encogimiento	363,0	14,8	5354,3
12. Proceso liquido	0,0	9,0	0,0
13. Llenadora liquido	619,9	1,1	694,2
14. Transportador	0,0	0,4	0,0
<u>FARMACIA</u>			
Factor de diversificación = 0,85			
15. Balanza	498,0	0,2	94,6
16. Mezcladora Hobart	209,0	3,7	779,6
17. Granulador Colton	310,0	2,2	694,4
18. Horno Hotpack 1	550,0	3,2	1760,0
19. Horno Hotpack 2	544,0	3,2	1740,8
20. Mezclador TwinShell	136,0	0,6	76,2
21. Tablet.Stokes B-2	250,0	1,1	280,0
22. Tablet.Stokes	25,0	0,8	18,8
23. Foleadora Hullman	526,0	0,6	294,6
24. Codificadora Acoma	440,0	0,4	162,8
25. Contadora Versacoun	147,0	0,4	54,4
26. Transportador	910,0	0,4	336,7
27. Llenador de Crema	291,0	0,3	98,9
28. Encapsuladora	241,0	0,2	45,8
29. Etiquetadora	1235,0	0,2	234,7
30. Proceso liquido	472,5	2,2	1058,4
31. Llenador liquido	938,0	0,8	703,5
			=====
TOTAL			172.177,4

CUADRO 1.3.

CONTROL DEL CONSUMO DE ENERGIA

Periodo : Segundo semestre 1985

CONSUMO	Total horas	KW	KWH
Factor de diversificación = 0,8			
1. Toallas 1	970,3	22,9	22209,0
2. Toallas 2	192,9	19,4	3740,1
3. Toallas 3	1072,5	28,7	30812,9
4. Carefree	300,8	22,3	6700,7
5. Panal 1	417,3	81,0	33802,9
6. Panal 2	498,0	81,0	40338,0
7. Talco	637,4	4,5	2849,0
8. Cepillos	153,6	1,5	228,9
9. Cortadora Pulpa	0,0	1,9	0,0
10. Compresor	1440,0	37,3	53683,2
11. Encogimiento	871,9	14,8	12860,1
12. Proceso liquido	0,0	9,0	0,0
13. Llenadora liquido	491,3	1,1	550,3
14. Transportador	0,0	0,4	0,0
<u>FARMACIA</u>			
Factor de diversificación = 0,85			
15. Balanza	502,0	0,2	95,4
16. Mezcladora Hobart	165,0	3,7	615,5
17. Granulador Colton	210,0	2,2	470,4
18. Horno Hotpack 1	300,0	3,2	960,0
19. Horno Hotpack 2	316,0	3,2	1011,2
20. Mezclador TwinShell	78,0	0,6	43,7
21. Tablet.Stokes B-2	174,0	1,1	194,9
22. Tablet.Stokes	89,0	0,8	66,8
23. Foleadora Hullman	351,5	0,6	196,8
24. Codificadora Acoma	267,0	0,4	98,8
25. Contadora Versacoun	152,0	0,4	56,2
26. Transportador	1006,0	0,4	372,2
27. Llenador de Crema	274,0	0,3	93,2
28. Encapsuladora	249,0	0,2	47,3
29. Etiquetadora	1280,0	0,2	243,2
30. Proceso liquido	727,0	2,2	1628,5
31. Llenador liquido	1086,0	0,8	814,5
			=====
TOTAL			166.618,7

CUADRO 1.4.

CONTROL DEL CONSUMO DE ENERGIA

Periodo : Primer semestre 1986

CONSUMO	Total horas	KW	KWH
Factor de diversificación = 0,80			
1. Toallas 1	1085,6	22,9	24848,2
2. Toallas 2	204,7	19,4	3965,3
3. Toallas 3	1315,1	28,7	37782,8
4. Carefree	267,3	22,3	5954,3
5. Panal 1	721,0	81,0	58401,0
6. Panal 2	324,8	81,0	26304,8
7. Talco	589,0	4,5	2632,6
8. Cepillos	126,3	1,5	188,2
9. Cortadora Pulpa	0,0	1,9	0,0
10. Compresor	1322,3	37,3	49295,3
11. Encogimiento	363,2	14,8	5354,3
12. Proceso liquido	0,0	9,0	0,0
13. Llenadora liquido	0,0	1,1	0,0
14. Transportador	0,0	0,4	0,0
FARMACIA			
Factor de diversificación = 0,85			
15. Balanza	620,0	0,2	117,8
16. Mezcladora Hobart	255,0	3,7	951,2
17. Granulador Colton	290,0	2,2	649,6
18. Horno Hotpack 1	500,0	3,2	1600,0
19. Horno Hotpack 2	320,0	3,2	1024,0
20. Mezclador TwinShell	86,0	0,6	48,2
21. Tablet.Stokes B-2	224,0	1,1	250,9
22. Tablet.Stokes	40,0	0,8	30,0
23. Foleadora Hullman	420,0	0,6	235,2
24. Codificadora Acoma	247,0	0,4	91,4
25. Contadora Versacoun	80,0	0,4	29,6
26. Transportador	1010,0	0,4	373,7
27. Llenador de Crema	190,0	0,3	64,6
28. Encapsuladora	290,0	0,2	55,1
29. Etiquetadora	1120,0	0,2	212,8
30. Proceso liquido	690,0	2,2	1545,6
31. Llenador liquido	1040,0	0,8	780,0
TOTAL			178.632.2

CUADRO 1.5.

CONTROL DEL CONSUMO DE ENERGIA

Periodo : Segundo semestre 1986

CONSUMO	Total horas	KW	KWH
Factor de diversificación = 0,8			
1. Toallas 1	1352,0	22,9	30947,3
2. Toallas 2	186,3	19,4	3611,4
3. Toallas 3	1602,2	28,7	46029,8
4. Carefree	325,7	22,3	7256,6
5. Panal 1	606,9	81,0	49158,9
6. Panal 2	508,8	81,0	41208,8
7. Talco	438,7	4,5	1961,0
8. Cepillos	329,6	1,5	491,1
9. Cortadora Pulpa	1216,3	1,9	2262,3
10. Compresor	1692,5	37,3	63096,4
11. Encogimiento	54,3	14,8	800,9
12. Proceso liquido	756,0	9,0	6766,2
13. Llenadora liquido	1774,5	1,1	1987,4
14. Transportador	325,8	0,4	120,5

FARMACIA

Factor de diversificación = 0,85			
15. Balanza	560,0	0,2	106,4
16. Mezcladora Hobart	255,0	3,7	951,2
17. Granulador Colton	405,0	2,2	907,2
18. Horno Hotpack 1	690,0	3,2	2208,0
19. Horno Hotpack 2	660,0	3,2	2112,0
20. Mezclador TwinShell	182,0	0,6	101,9
21. Tablet.Stokes B-2	330,0	1,1	369,6
22. Tablet.Stokes	40,0	0,8	30,0
23. Foleadora Hullman	230,0	0,6	128,8
24. Codificadora Acoma	570,0	0,4	210,9
25. Contadora Versacoun	0,0	0,4	0,0
26. Transportador	1080,0	0,4	399,6
27. Llenador de Crema	380,0	0,3	129,2
28. Encapsuladora	390,0	0,2	74,1
29. Etiquetadora	1400,0	0,2	266,0
30. Proceso liquido	590,0	2,2	1321,6
31. Llenador liquido	1070,0	0,8	802,5
TOTAL			214.482,7

CUADRO 1.6.

HISTORIAL DE DATOS DE CANTIDAD
Y COSTO DE ELECTRICIDAD

Periodo	Demanda Maxima (KW)	Consumo (KWH)	Costo total (sucres)	Costo por KWH
<u>1985</u>				
Julio	294	69930	322447	4.611
Agosto	294	63420	300357	4.736
Septiembre	294	73290	349813	4.773
Octubre	294	69720	338142	4.850
Noviembre	294	61320	309114	5.041
Diciembre	294	60480	314194	5.195
<u>1986</u>				
Enero	294	64260	341868	5.322
Febrero	296	69510	378508	5.445
Marzo	296	72030	402398	5.587
Abril	296	78120	446757	5.719
Mayo	296	80010	470076	5.875
Junio	296	77910	472450	6.064
Julio	296	80430	500863	6.227
Agosto	296	89460	569832	6.370
Septiembre	296	86940	571412	6.573
Octubre	296	79170	539501	6.810
Noviembre	296	78540	551506	7.020
Diciembre	296	70140	510898	7.280

Factor de Potencia = 0.92 - 0.94

CUADRO 1.7.

HISTORIAL DE DATOS DE CANTIDAD
Y COSTO DE COMBUSTIBLE

Periodo	Consumo (M-BTU)	Costo por M-BTU (sucres)	Costo Total
1 / 83	136.02	81.53	11089.65
2 / 83	135.98	110.98	15091.20
1 / 84	224.19	67.70	15085.00
2 / 84	242.25	149.15	36120.00
1 / 85	204.04	272.60	55622.40
2 / 85	102.02	302.60	30871.75
1 / 86	168.64	261.69	44143.60
2 / 86	223.04	308.80	68871.84

M-BTU = 10^6 BTU
1 KWH = 3413 BTU

CUADRO 1.8.

HISTORIAL DE CONSUMO Y COSTO DE ENERGIA

Empresa : Johnson & Johnson del Ecuador S.A.

Periodo	Electricidad		Combustible		U.P. (bultos)
	Consumo (KWH)	Costo (sucres)	Consumo (M-BTU)	Costo (sucres)	
1 / 83	448560	1175227.2	136.02	11089.7	13103
2 / 83	452550	1344073.5	135.98	15091.2	22486
1 / 84	425670	1447278.0	224.19	15085.0	12816
2 / 84	417060	1597339.8	242.25	36120.0	10851
1 / 85	435960	1874628.0	204.04	55622.4	13175
2 / 85	398160	1935057.6	102.02	30871.8	11102
1 / 86	443299	2451443.5	168.64	44130.6	14732
2 / 86	484680	3243224.7	223.04	68874.8	16841

U.P. (unidad de producción)

M-BTU (x 10⁶ BTU)

CUADRO 1.9.

SISTEMA DE CLIMATIZACION

Numero total de sistemas de la empresa:

Tipo :

<u> X </u>	Reciprocante eléctrico
<u> </u>	Centrífugo eléctrico
<u> </u>	Absorción
<u> </u>	Compresor movido por turbina a vapor
<u> </u>	Compresor movido por motor de gas natural
<u> </u>	Otros

Identificación del equipo	Consumo de Energía (KWH)	Razón de enfriamiento (Kw/ton)	Uso (%)
------------------------------	----------------------------------	---------------------------------------	------------

UNIDADES TIPO PAQUETE

Farmacia 1	16203.17	1.7720	80
Farmacia 2	16203.17	1.7720	80
Contabilidad	16203.17	1.7720	80
Gerencia	16203.17	1.7720	80
Operaciones	16203.17	1.7720	80
Profesional	16203.17	1.7720	80
S.Sociales	16203.17	1.7720	80
Cafeteria 1	16203.17	1.7720	80
Cafeteria 2	2470.98	1.1340	85

UNIDADES TIPO SPLIT

Pasillo	5528.67	1.4320	76
Computacion	4366.36	1.8000	79
Talco	464.41	1.8800	85
UNIDAD REFRIGERACION	41498.62	2.8400	67
UNIDAD CHILLER	2563.74	1.4180	80

CUADRO 1.10.

SISTEMA DE ILUMINACION

Tipo de Lampara : F40 CW Fluorescente (Oficinas)
 F96T12/D/H0 Fluorescente (Planta)

Lugar	Area servida (m ²)	Vatios por lampara	Lamparas	vatios totales
OPERACIONES				
1. Director	28.60	40	20	800
2. Secretaria	8.75	40	12	480
3. Gerente de Ingenieria	15.12	40	8	320
4. Gerente de Materiales	20.24	40	8	320
5. Jefe de Mantenimiento	15.12	40	8	320
6. Planificacion y compras	20.68	40	8	320
7. Produccion	20.24	40	8	320
8. Agente de Compras	4.40	40	8	320
9. Auxiliar de Importaciones	12.00	40	8	320
10. Secretaria de materiales	7.50	40	8	320
11. Supervisor de Importaciones	8.00	40	16	640
12. Auxiliar de Importaciones	10.80	40	8	320
13. Xerox	24.00	40	20	800
14. Exhibidor	17.20	40	16	640
15. Sala de Conferencias	48.75	40	26	1040
16. Sala de Proyectos	14.10	40	8	320
17. Dibujante	4.00	40	8	320
18. Coordinador General	17.48	40	8	320

CUADRO 1.10. (continuacion)

SISTEMA DE ILUMINACION

Lugar	Area servida (m ²)	Vatios por Lampara	Lamparas	vatios totales
RELACIONES INDUSTRIALES				
19. Director	21.60	40	20	800
20. Secretaria	10.08	40	8	320
21. Supervisor	15.00	40	16	640
22. Nomina	15.60	40	16	640
23. Seguridad Industrial	12.92	40	12	480
24. Cooperativa	9.50	40	8	320
25. Recepcion	29.00	40	16	640
26. Servicio Social	9.60	40	8	320
27. Enfermeria	9.00	40	16	640
28. Consultorio Medico	15.90	40	32	1280
29. Cafeteria	228.78	40	118	4720
30. Cocina	36.98	40	28	1120
31. Oficina de Cocina	7.28	40	12	480
DIRECCION GENERAL				
32. Director	24.94	40	24	960
33. Secretaria	15.05	40	12	480
34. Sala de Sesiones	29.20	40	32	1280
FINANZAS				
35. Director	21.07	40	20	800
36. Secretaria	11.88	40	12	480
37. Gerente Financiero	16.52	40	14	560
38. Credito y Cobranzas	14.82	40	16	640
39. Gerente de Contabilidad	12.92	40	14	560

CUADRO 1.10. (continuacion)

SISTEMA DE ILUMINACION

Lugar	Area servida (m ²)	Vatios por Lampara	Lamparas	vatios totales
40. Sala de micro computadores	19.72	40	12	480
41. Caja	6.75	40	4	160
42. Archivo	15.08	40	12	480
43. Contabilidad de Costos	13.68	40	14	560
44. Contabilidad Financiera	60.32	40	42	1680
45. Sala de Programacion	17.48	40	16	640
46. Jefe de Computacion	14.44	40	8	320
47. Sala del Computador	23.94	40	8	320
CONTROL DE CALIDAD				
48. Director	14.85	40	8	320
49. Secretaria	12.47	40	8	320
50. Oficina 1	19.72	40	32	1280
51. Oficina 2	16.82	40	16	640
52. Oficina 3	17.40	40	8	320
53. Oficina 4	17.4	40	8	320
PROFESIONAL				
54. Director	21.07	40	20	800
55. Gerente	12.47	40	12	480
CONSUMO				
56. Director	20.64	40	20	800
57. Secretaria	12.47	40	12	480
58. Oficina 1	16.82	40	14	560
59. Ofician 2	19.80	40	14	560
60. Oficina 3	17.70	40	14	560

CUADRO 1.10. (continuacion)

SISTEMA DE ILUMINACION

Lugar	Area servida (m ²)	Vatios por Lampara	Lamparas	vatios totales
FARMACIA				
61. Oficina 4	17.11	40	14	560
62. Director	19.6	40	20	800
63. Secretaria	15.0	40	12	480
64. Oficina 1	15.6	40	12	480
65. Oficina 2	17.4	40	14	560
66. Oficina 3	20.4	40	14	560
67. Oficina 4	18.0	40	14	560
PLANTA INDUSTRIAL				
68. Bodega de Herramientas		40	12	480
69. LLenado de Talco		40	16	640
70. Mezclado de Talco		40	24	960
71. Bodega de Pulpa		40	40	1600
72. Planta		110	140	15400

1.2. EVALUACION OBJETIVA DE LA CONDICION DE LA PLANTA

Los datos mencionados en los cuadros anteriores fueron obtenidos mediante entrevistas informales con el Gerente de Ingeniería (Coordinador de Energía), el Jefe de Mantenimiento y personal de operación , producción y administrativo.

Hay que destacar que gran parte de esta información fue de fácil obtención debido a la existencia de un programa mas o menos establecido acerca de las implicaciones del manejo de energía.

La información que se indago entre otras cosas ya mencionadas en los cuadros anteriores con el objeto de contribuir a una evaluación objetiva fue :

* ESTRUCTURA DEL PROGRAMA INTERNO DE ADMINISTRACION DE ENERGIA

1. - Metas del programa de administración de energía.
2. - Cadena de mando y organización de la División de Operaciones. (Fig. 1.1.)
3. - Estado del programa de administración

de energía.

4. - Trabajo culminados a la fecha por el programa de administración de energía incluyendo oportunidades de conservación implantadas.
5. - Oportunidades de conservación identificadas pero no implantadas.

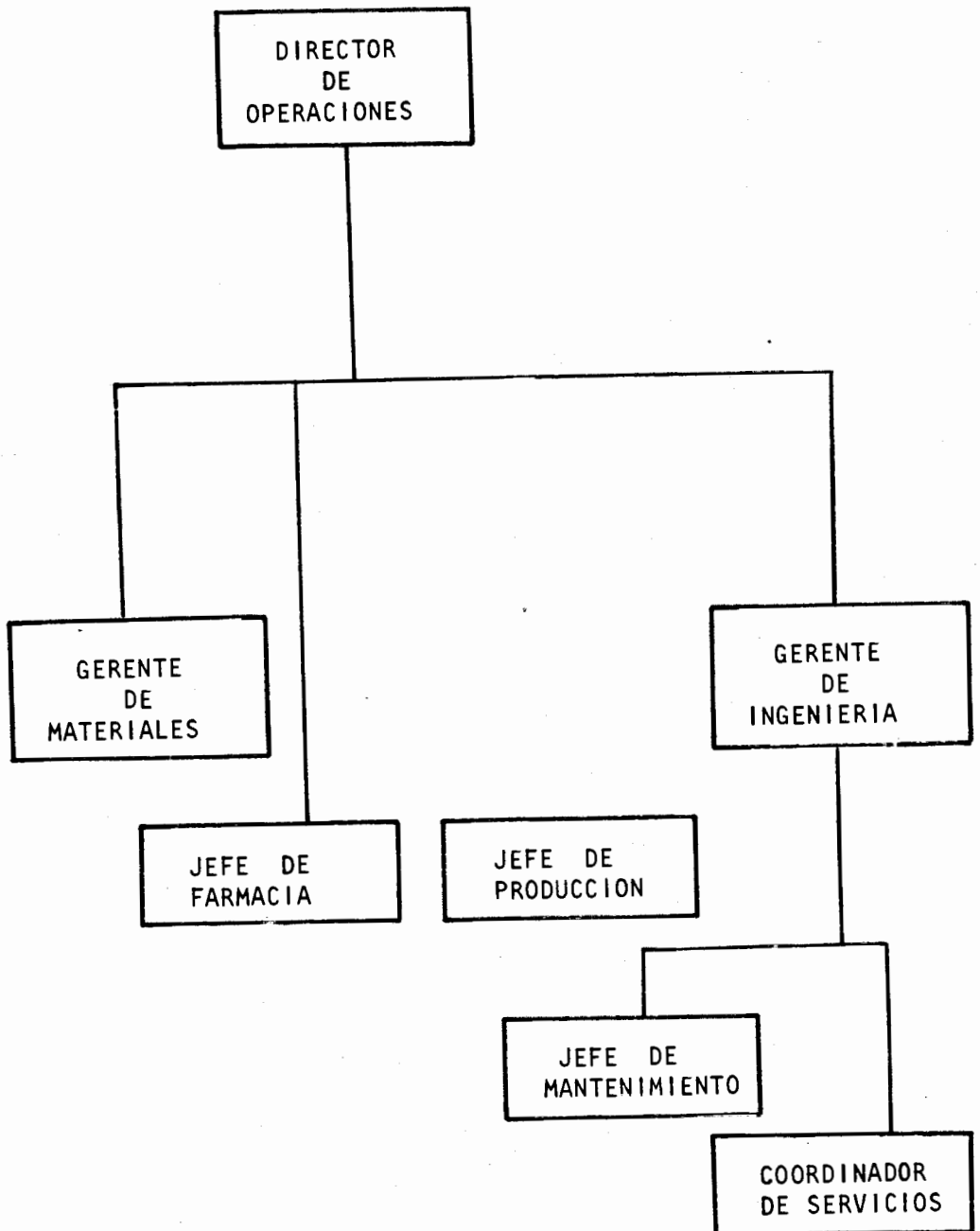
(Cuadro 1.11.)

METAS DEL PROGRAMA DE ADMINISTRACION DE

ENERGIA .- Al constatar la existencia de un programa mas o menos estable de conservación energética hemos encontrado planes inmediatos pero no estructurados cronologicamente, estos son :

- Balance de fases para todas las cargas
- Actualizacion sistema aire comprimido.
- Ventilación del área de manufactura de toallas y panales.
- Estudios para cambiar los sistemas para alto voltaje.
- Estudios para instalar un sistema de control de carga Honeywell W-7000.
- Estudios para instalar motores con velocidad variable.

FIGURA 1.1.

**CADENA DE MANDO Y ORGANIZACION
DE LA DIVISION DE OPERACIONES**

ESTADO DEL PROGRAMA DE ADMINISTRACION DE ENERGIA .- El estado actual del mencionado programa presenta estabilidad en cuanto a ciertos puntos tales como :

- presentación de la semana anual de la energía (Octubre 21-25) en la que se desarrollan exposiciones y conferencias sobre conservación y racionalización energética en la Industria.
- Programas motivacionales , etc.

Tambien muestra cierta inestabilidad en cuanto a ejecución de auditorías energéticas y resultados de ellas.

TRABAJOS CULMINADOS A LA FECHA POR EL PROGRAMA DE ADMINISTRACION DE ENERGIA INCLUYENDO OPORTUNIDADES DE CONSERVACION IDENTIFICADAS E IMPLANTADAS .-

- Interruptores de iluminación automática
- Apagado de las unidades de aire acondicionado a las 16 h 30.
- Mantenimiento preventivo de las unidades de climatización.

- Estudio de Ingeniería de la Iluminación
- Diseño de Ingeniería del Sistema de aire comprimido.
- Pintada de oficinas con colores claros.
- Instalación de capacitores en los circuitos principales para aumentar el factor de potencia.
- Instalación de controles de flujo y presión de equipos neumáticos para minimizar requerimientos.
- Reemplazo de todas las luces incandescentes por luces fluorescentes.
- Establecimiento de un programa de mantenimiento para toda la maquinaria.

CUADRO 1.11.

OPORTUNIDADES DE CONSERVACION
IDENTIFICADAS PERO NO IMPLANTADAS

Oportunidades Identificadas	Causas
Recirculación de vapor	<input type="checkbox"/> Estudios insuficientes
	<input type="checkbox"/> Falta de interés
	<input type="checkbox"/> Falta de capital
	<input checked="" type="checkbox"/> Viabilidad económica no existente.
	<input type="checkbox"/> Falta de recursos tiempo/Humano para implantar medidas
Cambios de unidades en el Sistema central de aire acondicionado	<input checked="" type="checkbox"/> Estudios insuficientes
	<input type="checkbox"/> Falta de interés
	<input checked="" type="checkbox"/> Falta de capital
	<input type="checkbox"/> Viabilidad económica no existente.
	<input type="checkbox"/> Falta de recursos tiempo/Humano para implantar medidas
Actualización del sistema de aire comprimido.	<input checked="" type="checkbox"/> Estudios insuficientes
	<input type="checkbox"/> Falta de interés
	<input checked="" type="checkbox"/> Falta de capital
	<input type="checkbox"/> Viabilidad económica no existente.
	<input type="checkbox"/> Falta de recursos tiempo/Humano para implantar medidas

CUADRO 1.11. (continuación)

**OPORTUNIDADES DE CONSERVACION
IDENTIFICADAS PERO NO IMPLANTADAS**

Oportunidades Identificadas	Causas
Reprogramación del uso de maquinaria y sistemas en general.	<input type="checkbox"/> Estudios insuficientes <input type="checkbox"/> Falta de interés <input type="checkbox"/> Falta de capital <input type="checkbox"/> Viabilidad económica no existente. <input checked="" type="checkbox"/> Falta de recursos tiempo/Humano para implantar medidas
Establecimiento de programas eficientes en el uso del Sistema de Aire acondicionado en áreas sin justificación	<input type="checkbox"/> Estudios insuficientes <input type="checkbox"/> Falta de interés <input type="checkbox"/> Falta de capital <input type="checkbox"/> Viabilidad económica no existente. <input checked="" type="checkbox"/> Falta de recursos tiempo/Humano para implantar medidas
Posibilidad de implantar un sistema de manejo de aire humidificado para climatizar el area de manufactura.	<input type="checkbox"/> Estudios insuficientes <input type="checkbox"/> Falta de interés <input checked="" type="checkbox"/> Falta de capital <input type="checkbox"/> Viabilidad económica no existente. <input type="checkbox"/> Falta de recursos tiempo/humano para implantar medidas

*** INFORMACION DISPONIBLE SOBRE ASUNTOS
ENERGETICOS**

- 6 .- Trazado fisico de la planta, (ver figura 1.2.)
- 7 .- Datos de energía ya mencionados en formularios anteriores.
- 8 .- Función y horarios de operación de toda la empresa (ver Apendice D)
- 9 .- Distribución de energía por consumo y por costo (ver Figura 1.3.)
- 10.- Energía utilizada para servicios de producción y medioambiente. (ver figura 1.4.).
- 11.- Sistemas de mayor consumo de energía. (ver figura 1.5.).
- 12.- Diagramas de Barra de los sistemas principales. (ver figura 1.6.).
- 13.- Capacidad maxima de la planta .
 - a) Demanda maxima en Kilovatios
 - b) Factor de carga electrico.

FIGURA 1.2.

TRAZADO FISICO DE LA PLANTA

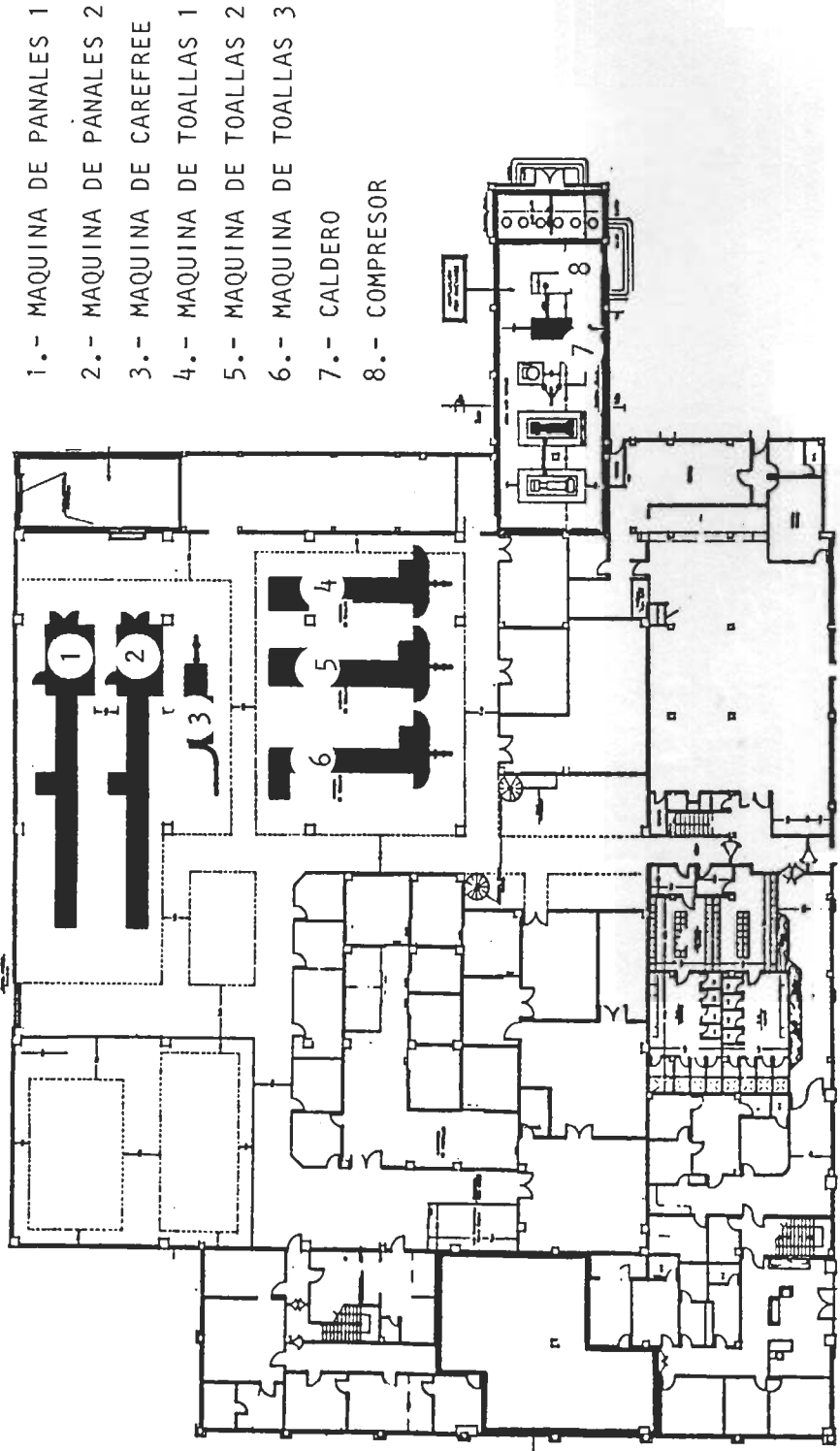
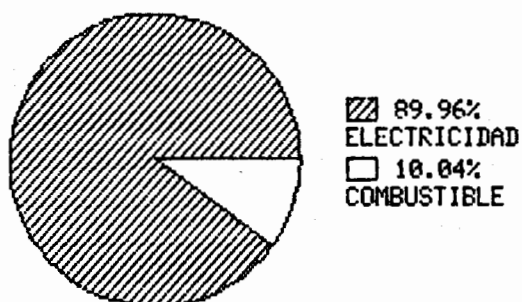


FIGURA 1.3.

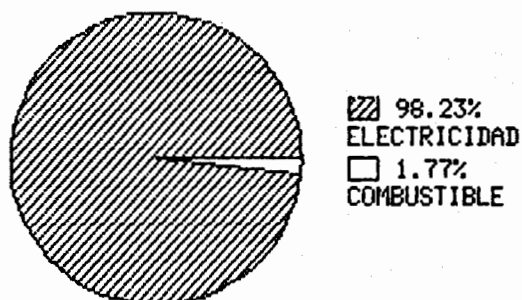
DISTRIBUCION DE ENERGIA

TOTAL: 492.768,67 KWH



POR CONSUMO : I/86

TOTAL: S/. 2'495.574.1



POR COSTO : II/86

FIGURA 1.4.

ENERGIA UTILIZADA PARA SERVICIOS
DE PRODUCCION Y MEDIO AMBIENTE

TOTAL : 492.768,67 KWH

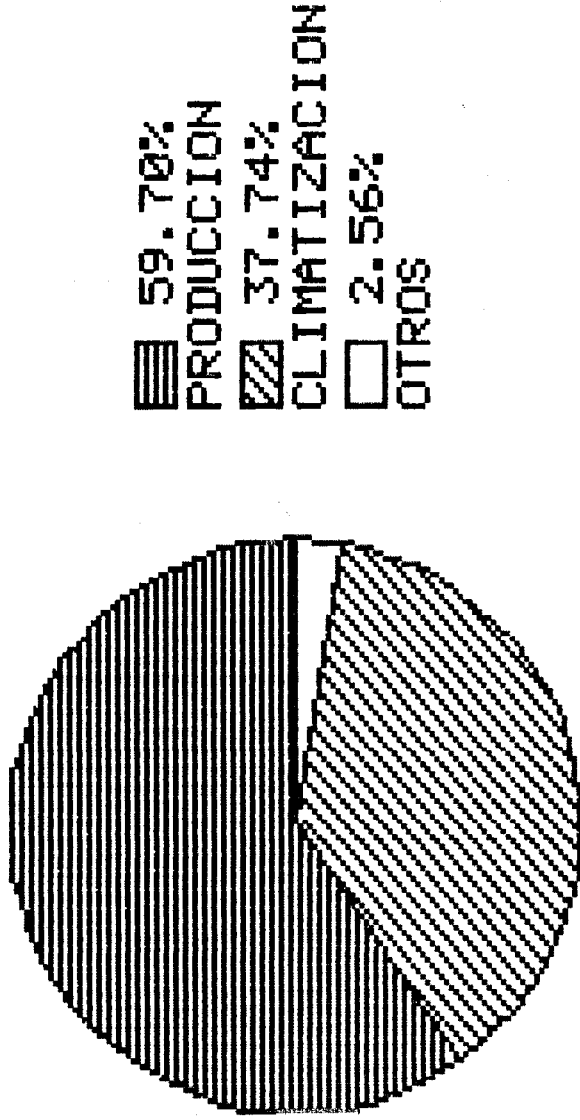


FIGURA 1.5.

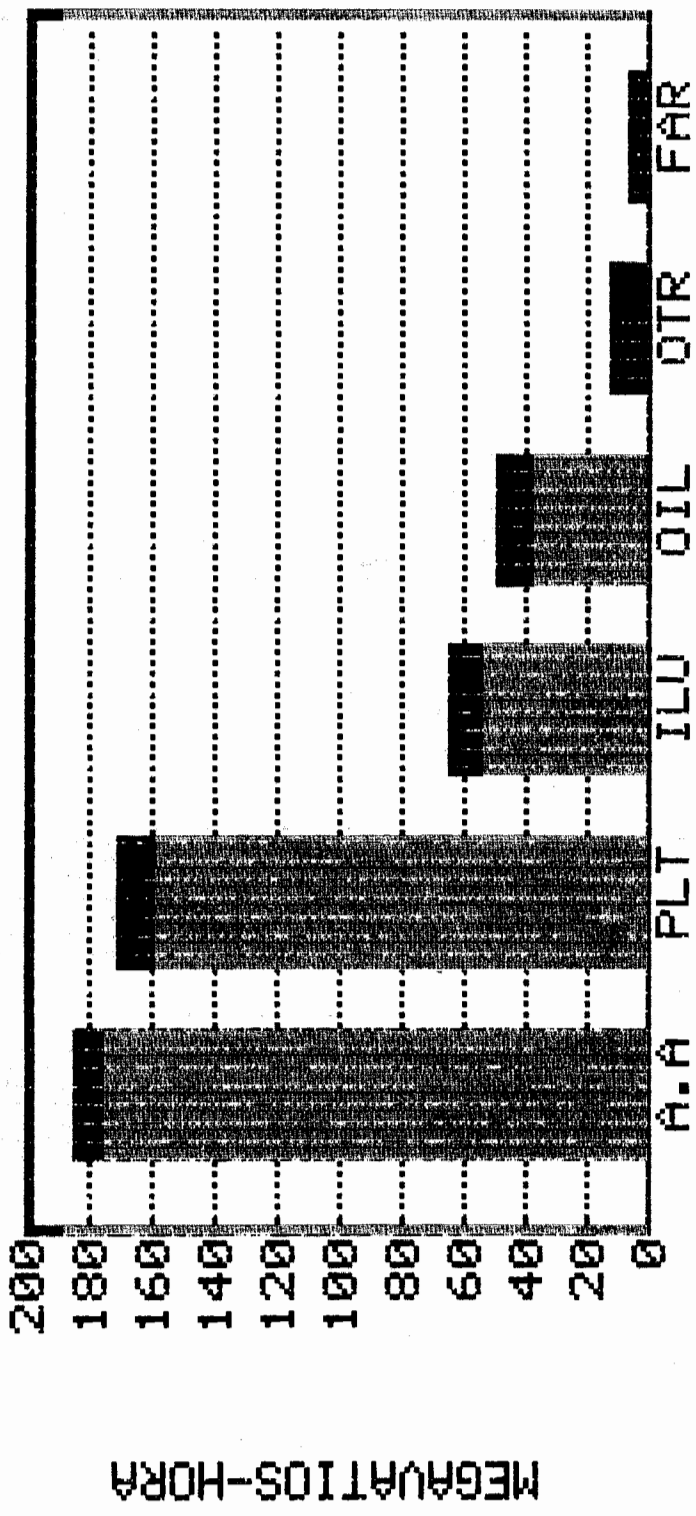
SISTEMAS DE MAYOR CONSUMO DE ENERGIA

TOTAL = 492.768,67 KWH



FIGURA 1.6.

SISTEMAS PRINCIPALES



I / 1986

A.A.: Acondicionadores de Aire
PLT: Planta
ILU: Iluminación

OIL: Diesel # 2
OTR: Otros
FAR: Farmacia

Sobre el análisis de la estructura interna de administración de energía y de la información disponible sobre asuntos energéticos me he permitido sacar las siguientes conclusiones respecto a los siguientes puntos a continuación:

- * Uso de energía , consumo, costos y horarios.
- * Indices de consumo de energía.
- * Operaciones de la planta.
- * Potencial de ahorro de energía.

USO DE ENERGIA.- Se ha determinado las cantidades relativas de combustible usado y su costo durante el periodo 1/86, tal como se muestra en la figura 1.7.

Tal análisis indica el valor relativo de ahorros de cada tipo de combustible y también indica que tipo de combustible constituye la fuente principal de energía. Observamos que para este caso, es decir el de una industria procesadora de productos de protección sanitaria, la electricidad es

la fuente de energía principal con que cuenta la empresa, ya que le corresponde un 89,96 % aproximada de energía.

La electricidad , tal como deducimos en cuadros anteriores representa normalmente la mas cara de las energias compradas, y por ella se paga el 98,2 % de los costos totales de energía.

Es de anotar que las Industrias como JOHNSON & JOHNSON, son facturadas por la Empresa eléctrica de acuerdo a tarifas sobre la base de la demanda máxima , factor de potencia y energía consumida.

FIGURA 1.7.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE

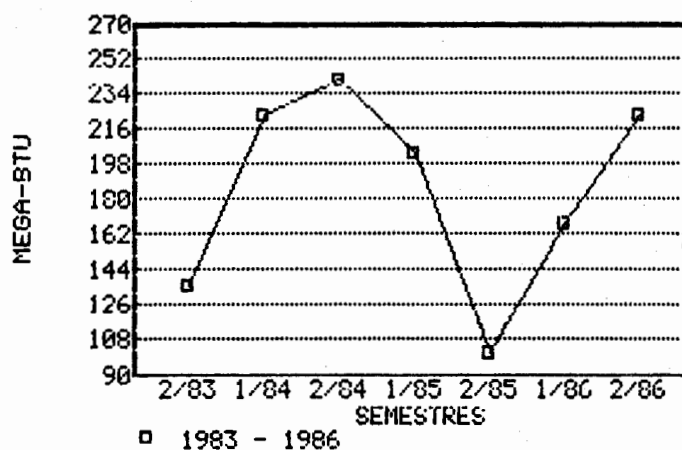
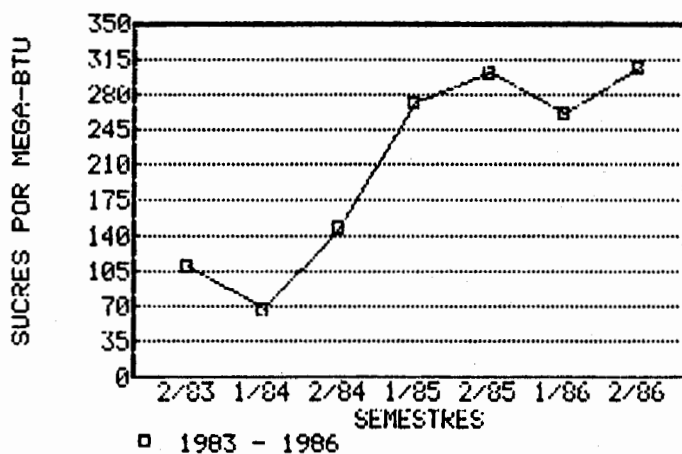


FIGURA 1.8.

COSTO DE COMBUSTIBLE



INDICES DE CONSUMO DE ENERGIA.- En primer lugar se debe mencionar que los índices son usados para determinar la eficiencia energética de las operaciones y subsecuentemente, el potencial de conservación de energía.

Se ha tenido cuidado en el uso de estos ya que representan tan solo una referencia de como los sistemas consumidores de energía pueden funcionar, es por esto que las normas energéticas son desarrolladas internamente a lo largo de cierto periodo de tiempo usando como información una gran base de datos como las que tenemos en los cuadros anteriores.

En el caso de esta Industria procesadora de productos de protección sanitaria (Johnson & Johnson), el índice que se ha desarrollado es el de MACRO (Planta), el cual se denomina Consumo específico de energía , es decir consumo de energía por unidad de producto principal de la planta.

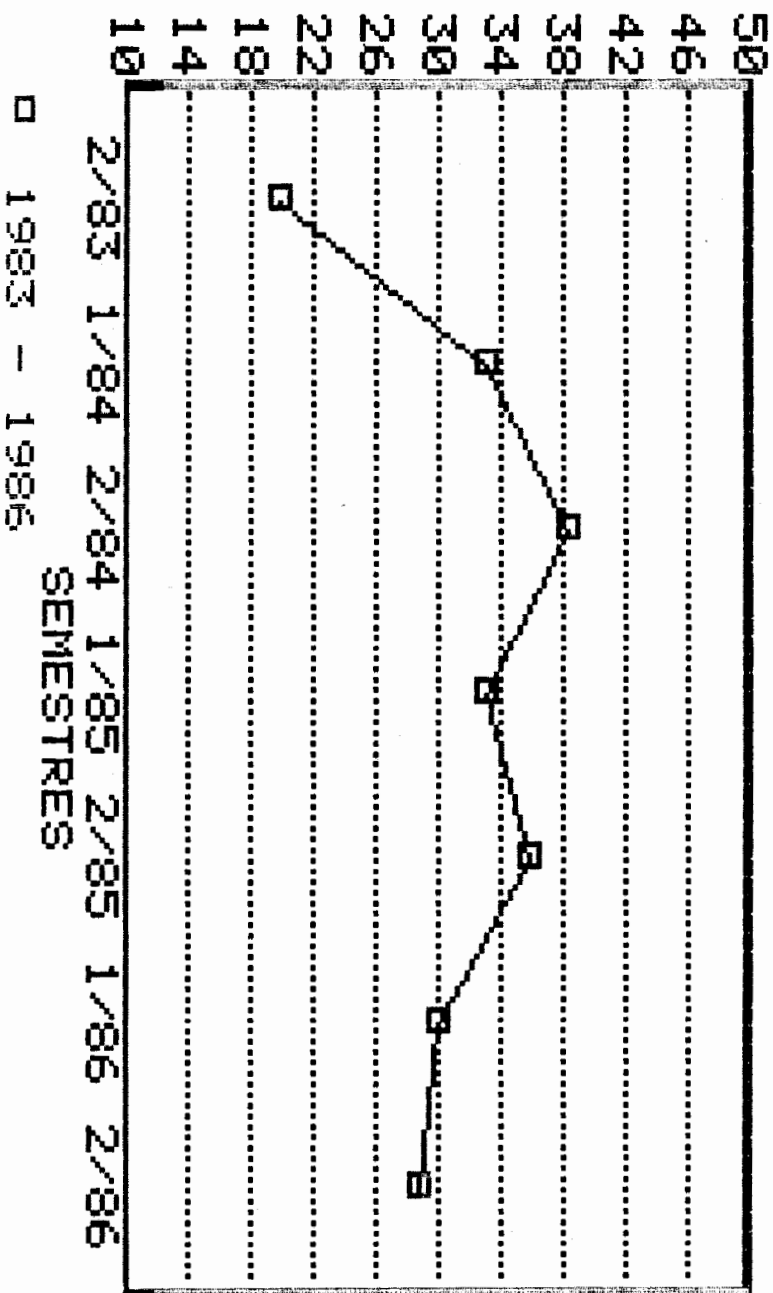
C.E.E. = $\frac{\text{Energía consumida en un periodo determinado}}{\text{producción en el mismo periodo de tiempo}}$

KWH/ UNIDAD DE PRODUCCION

CONSUMO ESPECIFICO DE ELECTRICIDAD

(Indice de consumo energetico)

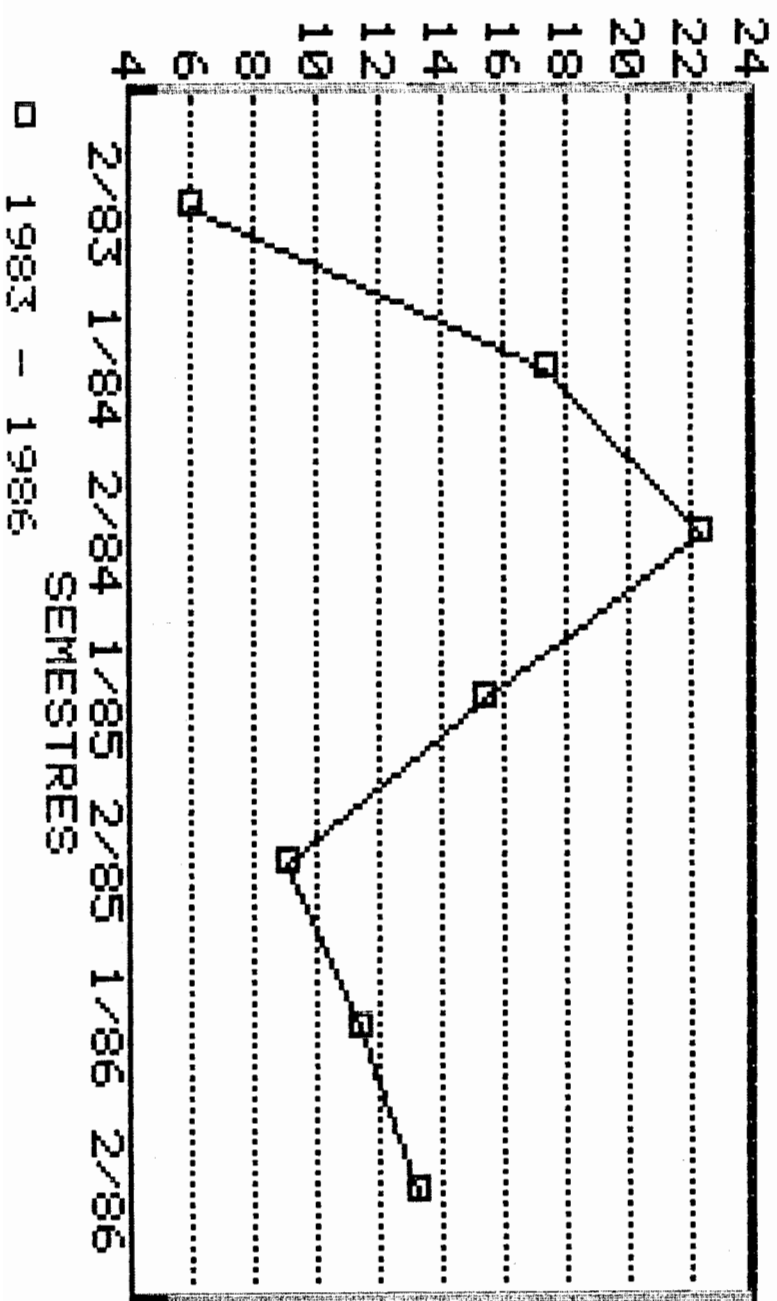
FIGURA 1.9.



□ 1983 - 1986

SEMESTRES

KBTU/UNIDAD DE PRODUCCION



CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE
(Indice de consumo energetico)

FIGURA 1.10.

□ 1983 - 1986

En las figuras anteriores se muestra el consumo específico de electricidad y el consumo específico de combustible, en los cuales la unidad de producción equivale a 720 bultos de toallas sanitarias, lo que representa según datos confidenciales el principal producto de la empresa. Este índice es actualmente utilizado dentro del programa de Energía con el que cuenta Johnson & Johnson, y sirve para determinar si la eficiencia energética esta siendo mantenida a nivel en la planta.

Es importante conocer que en esta evaluación se ha tratado de poner a prueba un índice alternativo con el objeto de tener un indicador más.

Este índice es el denominado Factor de carga eléctrico y se define como :

$$FC = \frac{KWH}{KW \times t}$$

donde: KWH es la energía consumida en el periodo de facturación.

KW es la potencia de demanda en dicho periodo

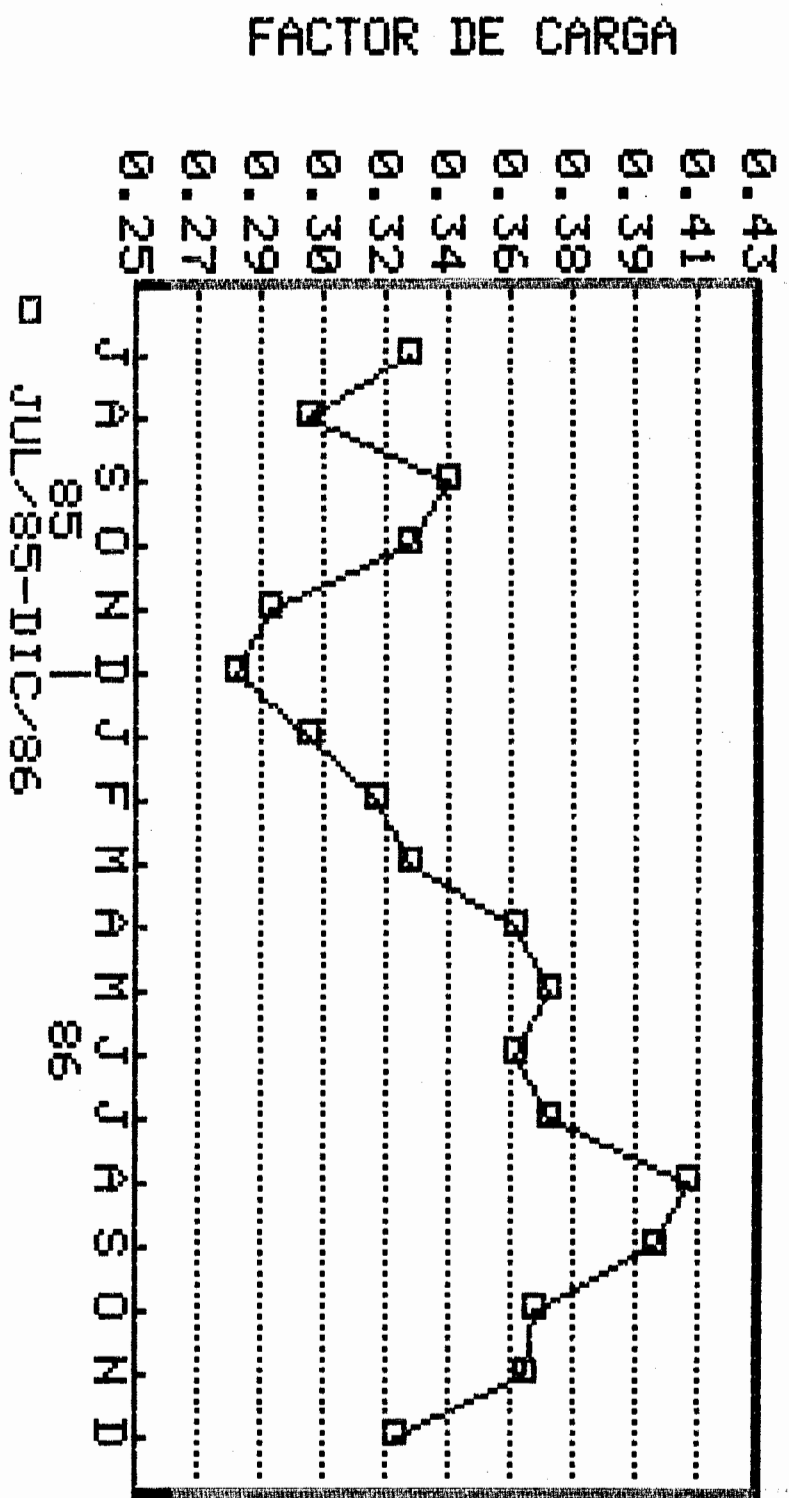
t son las horas comprendidas del periodo.

Normalmente, factores de carga eléctricos para operaciones de un solo turno se encuentran entre 40% y 60% , mientras que para operaciones de tres turnos estan entre 50% y 75% . En el caso de Johnson & Johnson el factor de carga oscila constantemente en un rango que parte desde 0,282 hasta 0,325 con un caracter alterno creciente y mensual en lo que corresponde al período 1986.

El factor de carga nos indica entonces cuan cercana a su capacidad la planta opera. Es usado para determinar cuando la demanda pico puede ser reducida. Por ejemplo , con el tipo de factores de carga de esta empresa y correspondiente a tres turnos de operación al dia, es aconsejable sugerir un incremento mediante la reprogramacion de las horas de operación de los equipos causantes de la demanda pico hacia períodos de baja demanda eléctrica, reduciendo asi el pico global con el correspondiente ahorro en el costo.

FIGURA 1.11.

CONTROL DEL FACTOR DE CARGA



OPERACIONES DE LA PLANTA.-

Los índices de consumo energético relacionados con producción, indican como varia el uso de la energía en el periodo de referencia. Cuando estos índices se desvían mucho del valor medio, como el caso actual, es una indicación de la existencia de oportunidades de mejoras en el consumo de energía.

La razón para la desviación puede no estar necesariamente relacionada con las operaciones de planta. En esta oportunidad al haber información suficiente se ha identificado los equipos o sistemas que consumen la mayor parte de la energía.

Con un panorama así, las mejoras pueden ser considerables; sin embargo, aun cuando las oportunidades han sido identificadas no sera tan facil implantar las medidas orientadas a la mejora de las operaciones.

POTENCIAL DE AHORRO DE ENERGIA.- Implica realmente una primera estimación, ya que una estimación exacta no es posible despues

de una evaluación de este tipo. Es por esto que se trata de identificar las formas generales de ahorro de energía. Sin embargo, algunos potenciales de conservación requieren cuidadosas evaluaciones para aplicaciones específicas. A continuación se presenta una lista de oportunidades potenciales:

EDIFICIOS DE LA COMPANIA

- Eliminar lámparas eléctricas ineficientes del area de planta.
- Establecer un mantenimiento preventivo a las centrales acondicionadoras de aire, específicamente en lo que respecta a limpieza de serpentines de condensadores y evaporadores, así como también en los terminales eléctricos, con el objeto de optimizar el trabajo del equipo.
- Usar los acondicionadores de aire en lugares ocupados.
- Reducir o eliminar el alumbrado general cuando la luz natural provea la suficiente iluminación. < limitar altos

niveles de iluminación para áreas especiales).

- Reducir la iluminación exterior de edificios a niveles mínimos de seguridad.

FUERZA ELECTRICA

- Usar fuerza eléctrica durante los períodos de bajo pico.
- Reducir la carga en los conductores electricos para reducir pérdidas por calor.
- Mantener el actual factor de potencia.
- Proveer mantenimiento y lubricacion a los equipos que poseen motores .
- Considerar la eficiencia energética cuando se adquiera un nuevo equipo.
- Organizar las cargas para minimizar la demanda eléctrica.

CALDERA

- Usar presiones mínimas de operación
- Usar espesor óptimo de aislamiento.
- Establecer horario de mantenimiento para el quemador.

- Reparar fugas en las líneas de vapor

En general puede decirse que la estimación potencial de ahorro incluye :

- * Limpieza de equipos
- * Cambio de horarios de operación
- * Ajuste de controles mal calibrados
- * Reemplazo de aislamiento en mal estado

Ordinariamente , una evaluación objetiva y preliminar de plantas como la de Johnson & Johnson permite identificar potenciales de ahorro en el orden del 5% al 10% del consumo global de energía.

1.2.1 PROYECCIONES PARA EL CONSUMO Y COSTO DE ELECTRICIDAD

Como parte importante dentro de la fijación del programa de administración de energía se encuentra el establecer un modelo matemático que implemente la elaboración de presupuestos en lo que respecta a consumo y costo de electricidad.

Los modelos descritos a continuación pueden ser usados para dos

CUADRO 1.12.

PROYECCION DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD

(METODO DE LOS MINIMOS CUADRADOS)

Semestre	X_i	Y_i	X_i^2
1/83	1	448560	1
2/83	2	452550	4
1/84	3	425670	9
2/84	4	417060	16
1/85	5	435960	25
2/85	6	398160	36
1/86	7	443299	49
2/86	8	484680	64

Semestre	$X_i Y_i$	\hat{Y}_i	$(Y_i - \hat{Y}_i)^2$
1/83	448560	443851,96	133773000
2/83	905100	439770,79	344556000
1/84	1277010	435689,61	100392000
2/84	1668240	431608,43	413368000
1/85	2179800	427527,25	9817631
2/85	2388960	423446,07	1817750000
1/86	3103093	419364,89	643204
2/86	3877440	444198,84	1638720000

SUM $X_i = 36$ SUM $Y_i = 3505939$ SUM $X_i Y_i = 15848203$ SUM $(Y_i - \hat{Y}_i)^2 = 4,46 \times 10^9$ X-Promedio $\Rightarrow 4,5$ Y-Promedio $\Rightarrow 438242,38$

b = + 1701,8452

a = 430584,08

Sy = 27261,11

Ecuacion : $Y = 430584,08 + 1701,8452 X$

CUADRO 1.13.

PROYECCION DEL COSTO DE ELECTRICIDAD
(METODO DE LOS MINIMOS CUADRADOS)

Semestre	X_i	Y_i	X_i^2
1/83	1	2,62	1
2/83	2	2,97	4
1/84	3	3,40	9
2/84	4	3,83	16
1/85	5	4,30	25
2/85	6	4,86	36
1/86	7	5,53	49
2/86	8	6,71	64

Semestre	$X_i Y_i$	Y_i	$(Y_i - \bar{Y})^2$
1/83	2,62	2,3492	0,0733507
2/83	5,94	2,9001	0,0048833
1/84	10,20	3,4511	0,0026083
2/84	15,32	4,0020	0,0295922
1/85	21,50	4,5530	0,0639970
2/85	29,16	5,1039	0,0595011
1/86	38,71	5,6549	0,0155953
2/86	53,71	6,2058	0,2542000

SUM X_i = 36 SUM Y_i = 34,22

SUM $X_i Y_i$ = 177,13 SUM $(Y_i - \bar{Y})^2$ = 0,5037279

X-Promedio ==> 4,5

Y-Promedio ==> 4,2775

b = 0,5509523

a = 1,7982143

S_y = 0,28975

Ecuacion : $Y = 1,7982143 + 0,5509523 X$

propósitos fundamentales. El uso principal es como una herramienta comparativa para pesar el rendimiento actual de la planta con el rendimiento basado en la historia de operación de la planta.

El segundo uso del modelo es como herramienta de pronóstico, que es lo que se pretende en este análisis, ya que los costos de energía pueden ser planeados y presupuestados. Aunque el modelo puede ser estadísticamente válido, hay ciertas limitaciones inherentes en cualquier técnica para generar modelos.

Aunque estas limitaciones no vuelven al modelo menos útil o exacto, si limitan el uso indiscriminado del modelo. El modelo de la proyección refleja la operación de la planta durante el período representado en los datos empleados para su desarrollo. Cambios substanciales en la operación de la planta,

producto o mezcla de materia prima y tiempo de operación y parada, comparados con las practicas de la planta durante el período de referencia, pueden reducir la validez estadística de la proyección como herramienta de pronostico.

1.3. IDENTIFICACION DE LOS SISTEMAS QUE CONSUMEN MAS ENERGIA

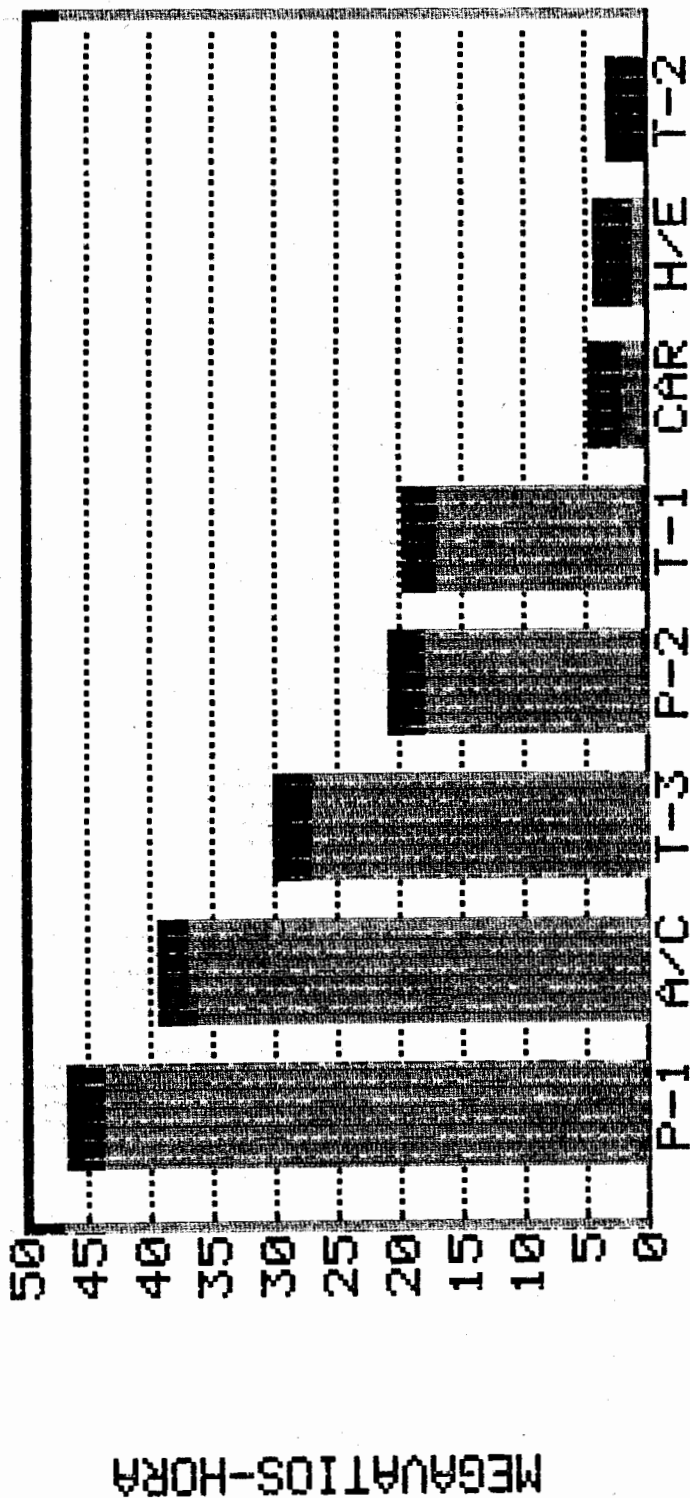
Información sobre lo procedente fue reunida usando los formularios de datos ya presentados en el capítulo 1.1.

Se evaluo cuidadosamente todos los sistemas de mayor consumo de energía en los cuales obviamente mediante un estudio detallado es probable encontrar oportunidades redituable de conservación energética.

A continuación en las páginas siguientes se muestra mediante diagramas de barra los sistemas en los cuales el potencial de ahorro podría ser objeto de un estudio exhaustivo.

FIGURA 1.14.

CONSUMO ENERGETICO DE PLANTA



MEGAWATIOS-HORA

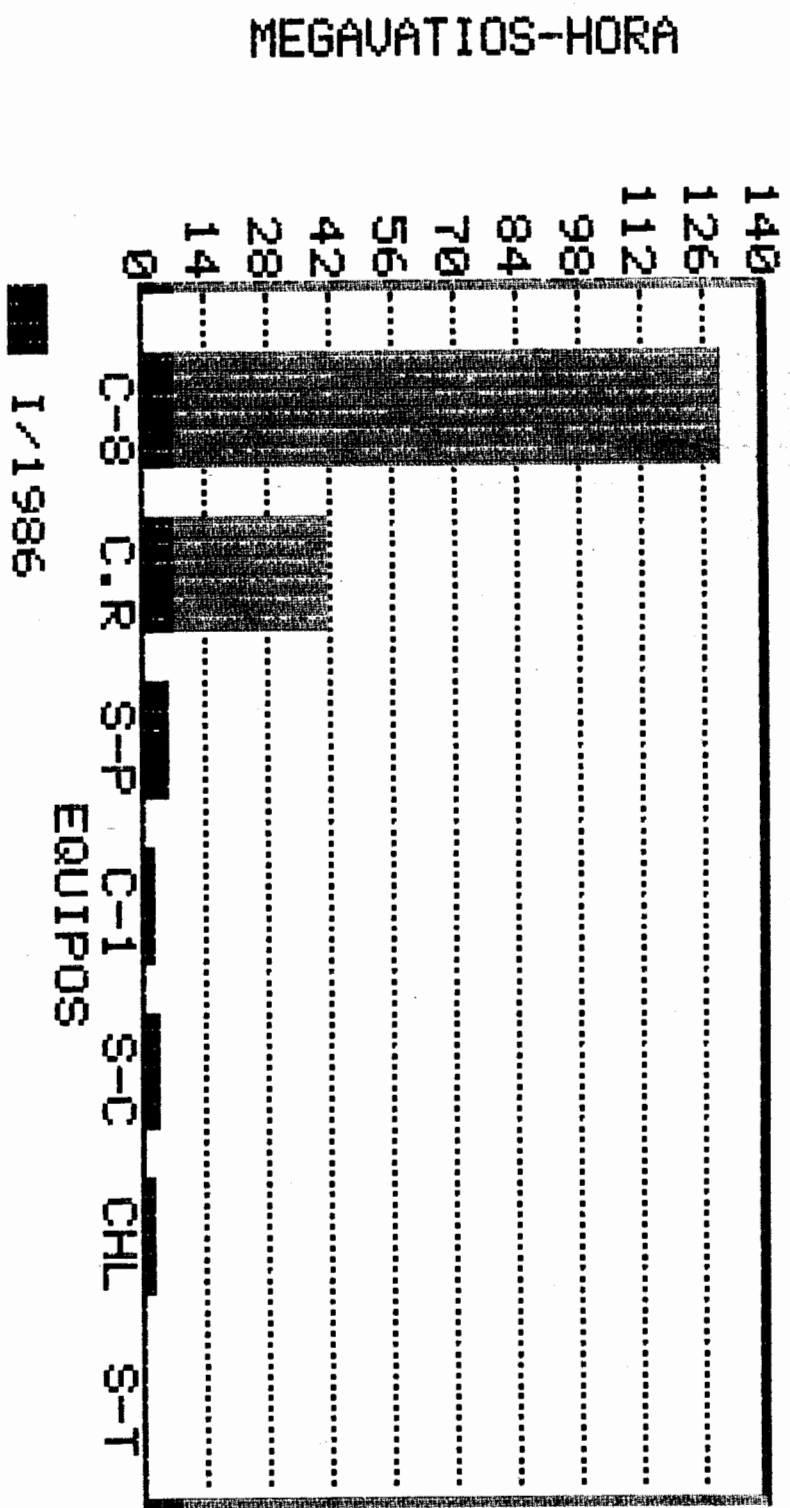
I/1986

- P-1: Pañales # 1
- A/C: Aire Comprimido
- T-3: Toallas # 3
- P-2: Pañales # 2

- T-1: Toallas # 1
- CAR: Carefree
- H/E: Horno Encogimiento
- T-2: Toallas # 2

CONSUMO ENERGETICO POR CLIMATIZACION

FIGURA 1.15.



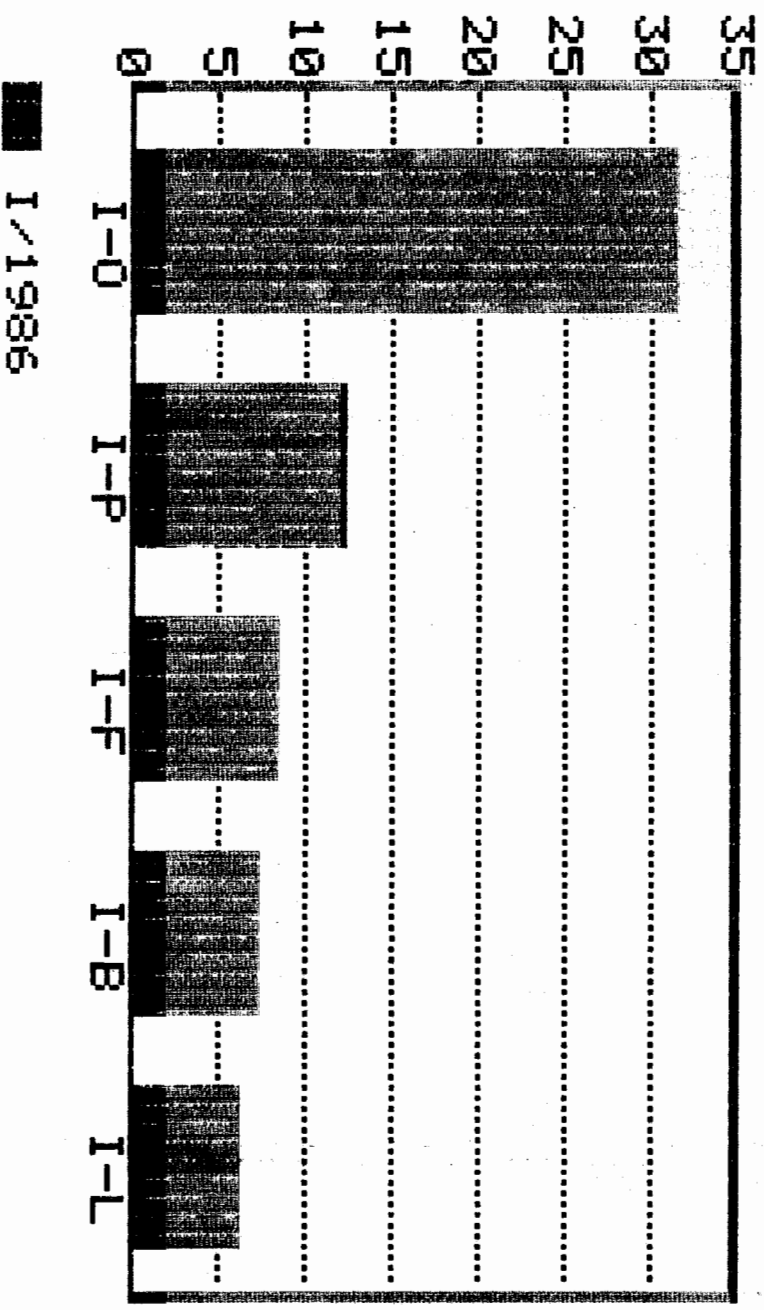
C-8: Ocho Centrales 120.000 BTU
C.R: Cámara Refrigerada

S-C: Unidad Split de Computación
SHL: Chiller

MEGAVATIOS-HORA

CONSUMO ENERGETICO POR ILUMINACION

FIGURA 1.16.



I-O: Iluminación de Oficinas
I-F: Iluminación de Farmacia

I-P: Iluminación de Planta
I-B: Iluminación de Bodega

1.4. DESARROLLO DEL PLAN DE ACCION

Esta es la fase final del proceso de evaluación preliminar y en ella se ha preparado un informe que contiene hallazgos y conclusiones sobre los cuales se deberá fundamentar un nuevo programa de energía.

El análisis de los datos reunidos nos ha permitido la identificación de los potenciales de conservación de energía y las estrategias para conseguir estos ahorros.

Pues bien, estas estrategias para equipos netamente consumidores de energía eléctrica como los que posee esta industria no requieren elevados costos de implantación y en todo caso el período de retorno simple de la inversión deberá ser menor a un año.

Los principales hallazgos y recomendaciones de la evaluación preliminar son los siguientes :

- 1.- La energía eléctrica es usada para suministrar potencia motriz , aire

comprimido , servicios de medio ambiente, y representa aproximadamente el 89,96 % del consumo global de energía.

2.- El combustible (diesel) es utilizado para la generación de vapor en la caldera. El vapor es usado en la elaboración de colonias y cremas. El consumo de diesel representa aproximadamente el 10,03 % del consumo global de energía.

3.- Como costo, la electricidad en el segundo semestre de 1986 representó el 98,23 % de la factura de energía y el diesel el 1,77 %.

4.- Se necesitan mejoras en el programa de administración energética que aseguren la implantación de las oportunidades de conservación.

Estas comprenden :

* Contratar un empleado a tiempo completo para ayudar al Ing. Juan Chalen P. ,las responsabilidades

del ayudante deberían estar orientadas hacia el manejo de la energía y dirigidas a la implantación de las medidas con períodos cortos de retorno.

Eventualmente sería también responsable en la conducción de análisis periódicos de energía.

- * Adquisición de instrumentación para apoyar las actividades de conservación energética.
- * Continuar determinando periódicamente el índice del consumo de energía para establecer con precisión la eficiencia de la planta
- * Impulsar mas los programas de motivación por el ahorro de energía dirigido a los empleados, incluyendo la promulgación de letreros que resalten los métodos de conservación asi como tambien la distribución de información sobre el costo de la

energía desperdiciada.

1.4.1. OPORTUNIDADES DE CONSERVACION DE EJECUCION INMEDIATA

Como primer paso para implantar las medidas identificadas , se desarrollo un plan de acción de tres fases.

Este plan , que se muestra en el CUADRO 1.14., se basa en el costo relativo de beneficios y facilidad de implantación que presenta cada medida.

CUADRO 1.14.

IMPLANTACION DEL PLAN DE ACCION

Fase	Item	tiempo de implantacion	accion requerida
1	Ingeniero asistente de conservación de energía	inmediato	a) reclutar de la misma empresa, universidad cercana.
1	Programa de motivación a los empleados.	inmediato	a) Pegar carteles referentes a la conservación energética en toda la planta. b) Mantener reuniones informales con el personal de la planta, para delinear el programa de conservación. c) Comparar datos actuales de rendimiento energéticos con anteriores.
1	Fugas de vapor	inmediato	a) Localizar las fugas y hacer plan para repararlas como parte del programa general de mantenimiento.
1	Uso adecuado de unidades climatizadoras de aire	inmediato	a) Apagar y desconectar acondicionadores de aire durante horas no labora

CUADRO 1.14. (continuacion)

IMPLANTACION DEL PLAN DE ACCION

Fase	Item	tiempo de implantacion	accion requerida
	Uso adecuado de unidades climatizadoras de aire		bles. b) Establecer métodos alternos en la operacion de las unidades.
1	Sistema de iluminación	inmediato	a) Eliminar lamparas eléctricas ineficientes del area de planta y bodega. b) desconectar los balastos en lamparas que se hayan suprimido.
2	Incremento del factor de carga	inmediato	a) Usar energía eléctrica durante los periodos de bajo pico. b) Proveer mantenimiento, lubricación a equipos que posean motores. c) Organizar las cargas programando la producción para minimizar la demanda eléctrica.

CUADRO 1.14. (continuación)

IMPLANTACION DEL PLAN DE ACCION

Fase	Item	tiempo de implantacion	accion requerida
2	Cambio de entrada de aire del compresor	esperar estudios y resultados	a) instalar la entrada de aire en lugar de meno temperatura. b) Tomar accion basada en los hallazgos del estudio.
2	Adquisición de instrumentación	inmediato	a) contactar proveedores locales.
2	Aislamiento de tuberías	inmediato	a) Identificar el aislamiento que falta. b) contactar proveedores locales. c) solicitar los materiales. d) instalar utilizando mano de obra local, contratada .
2	Aprovechar el espacio total de la cámara refrigerada	esperar estudios y resultados	a) Formar equipo que investigue. b) entrevistar al personal involucrado para determinar las necesidades de espacio a la temperatura de cámara.

CUADRO 1.14. (continuación)

IMPLANTACION DEL PLAN DE ACCION :

Fase	Item	tiempo de implantacion	accion requerida
			c) implantar si es de costo efectivo.
3	Reemplazo de unidas climatizadoras de aire	esperar estudios y resultados	<ul style="list-style-type: none"> a) contactar ingenieros locales para estimacion de costo. b) especificaciones y ofertas. c) implantar si son de costo efectivo.
3	Reprogramación del uso de maquinaria en los diferente turnos	inmediato	<ul style="list-style-type: none"> a) Formar equipo que investigue. b) entrevistar al personal de producción para determinar necesidades de mano de obra, producción, horario. c) Preparar informe sobre los hallazgos. d) implantar si son de costo efectivo.
3	Reubicación total del sistema de iluminación en planta	inmediato	<ul style="list-style-type: none"> a) Verificación especificaciones y condiciones actuales. b) Reubicar, utilizando mano de obra local o contratada.

CAPITULO II

EVALUACION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AIRE COMPRIMIDO

Dentro del ámbito de la industria , los componentes que utilizan fluídos a presión van adquiriendo una gran preponderancia a medida que se van encontrando nuevas aplicaciones.

El empleo de la energía neumática es costoso y de ahí la necesidad de buenos diseños en sistemas de distribución, además de evaluaciones periódicas posteriores, con el objeto de preservar la rentabilidad de éstos.

En esta industria procesadora de productos de protección sanitaria (Johnson & Johnson del Ecuador), poseen una instalación de aire comprimido, que de acuerdo al capítulo I (evaluación preliminar) , consumió 89.913,4 KWH en los dos períodos correspondientes a 1986 ; por lo tanto al ser un gran consumidor de energía eléctrica, se ha evaluado el sistema con el objeto de ofrecer algunas medidas factibles de ahorro energético

CUADRO 2.1.

**DATOS GENERALES DEL SISTEMA
DE AIRE COMPRIMIDO**

Características del compresor

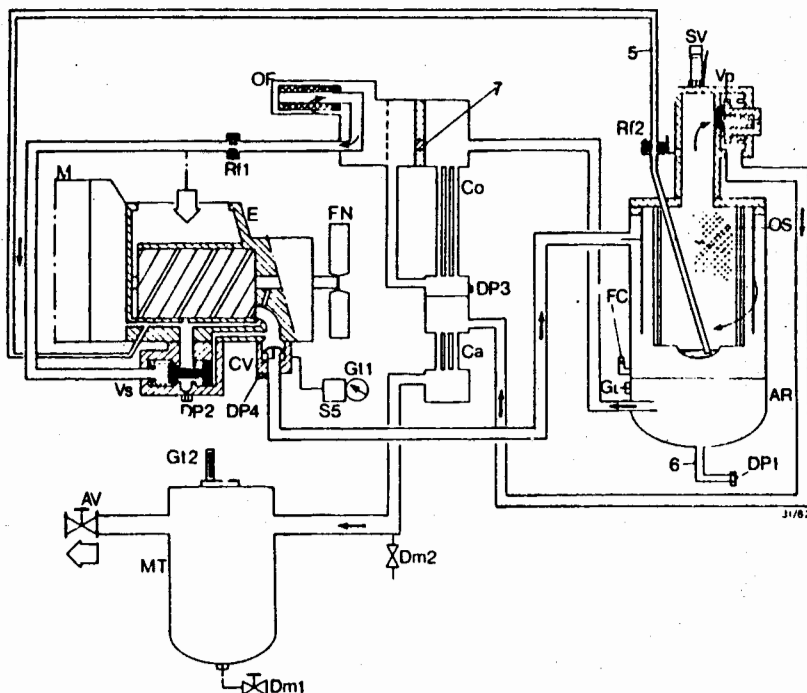
- Marca : Atlas Copco GA-509 Pack
- Tipo : de Tornillo (una etapa)
- Enfriamiento : Aire / Aceite
- Presión maxima de trabajo : 8,8 bars
- Presión normal de trabajo : 8,5 bars
- Presión actual de operacion : 8,0 bars
- Presión de aspiracion de aire: 1,0 bar
- Temperatura del aire que sale de la válvula de salida a presión de operacion : 30 °C
- Temperatura de aspiración de aire : 30 °C
- Aire libre suministrado a plena carga y presión de operación : 92,7 lit/s
- Potencia del motor : 37,0 KW
- Horas anuales de operación : 3014,8 h. (1986)

Tubería

	Longitud	Diametro
Principal	200 m.	2,5 "
Secundaria	110 m	1 a 3/8"

FIGURA 2.1.

DIAGRAMA REPRESENTATIVO DEL SISTEMA
DE COMPRESION DE AIRE



- | | |
|---|------------------------------------|
| AR : Depósito de aire | Gt1 : Indicador de temperatura |
| AV : Válvula de salida de aire. | Gt2 : Indicador de temperatura |
| Ca : Refrigerador de aire. | M : Motor |
| Co : Refrigerador de aceite. | MT : Colector de agua |
| CV : Válvula de retención | OF : Filtro de aceite |
| Dm1 : Válvula de drenaje | OS : Elemento separador de aceite. |
| Dm2 : Válvula de drenaje | Rf1 : Restrictor de flujo |
| Dp1 : Tapón de drenaje | Rf2 : Restrictor de flujo |
| Dp2 : Tapón de drenaje válvula de cierre de aceite. | S5 : Termostato de parada |
| Dp3 : Tapón de drenaje refrigerador de aceite. | SV : Válvula de seguridad |
| Dp4 : Tapón de drenaje válvula de retencion | Vp : Válvula de presión mínima. |
| FC : Tapon de llenado de aceite. | Vs : Válvula de cierre de aceite. |
| | 5 : Línea de retorno de aceite. |
| | 6 : Manguera de drenaje |
| | 7 : Tabique falso |
| | FN : Ventilador |
| | E : Elemento compresor |
| | Gt : Indicador de aceite. |

2.1. EVALUACION DEL SISTEMA ACTUAL

Analizaremos en este subcapitulo aspectos relacionados a la humedad del aire, instalación y redes de distribución del sistema de aire comprimido; pero antes se mostrara en el cuadro 2.1. datos generales del sistema actual, asi como también un diagrama representativo del sistema de compresión de aire en la figura 2.1.

1.- ANALISIS DE LA HUMEDAD DEL AIRE

Es sabido que el aire atmosferico contiene cierta proporción de humedad. Esta relación es mayor o menor según el pais, localidad, etc.

Es así, que la humedad constituye, un problema serio en climas húmedos como el nuestro. Un análisis sobre la humedad y sus formas de control se ha llevado a ejecución debido a multiples problemas encontrados en la evaluación preliminar y sobre el sistema de aire comprimido que esta afectando el normal desenvolvimiento del equipo neumático instalado.

El estudio específico se centrara desde la entrada de aire al compresor , (en condiciones normales de trabajo), hasta la salida de este (ya comprimido) por el separador de partículas. (ubicado posteriormente a la unidad compresora como se detalla en la Figura 2.2.

Los datos a considerar son :

Condiciones del aire atmosferico aspirado :

Humedad relativa	:	63 %
Temperatura Bulbo seco:		30 °C
Presión atmosferica	:	760 mmHg

A.- Compresor

Caudal de aire producido	:	5,6 m ³ /min
Temperatura del aire a la salida del compresor	:	130 °C

Regimen de servicio en carga: 85 %

B.- Refrigerador de aire + Colector de agua

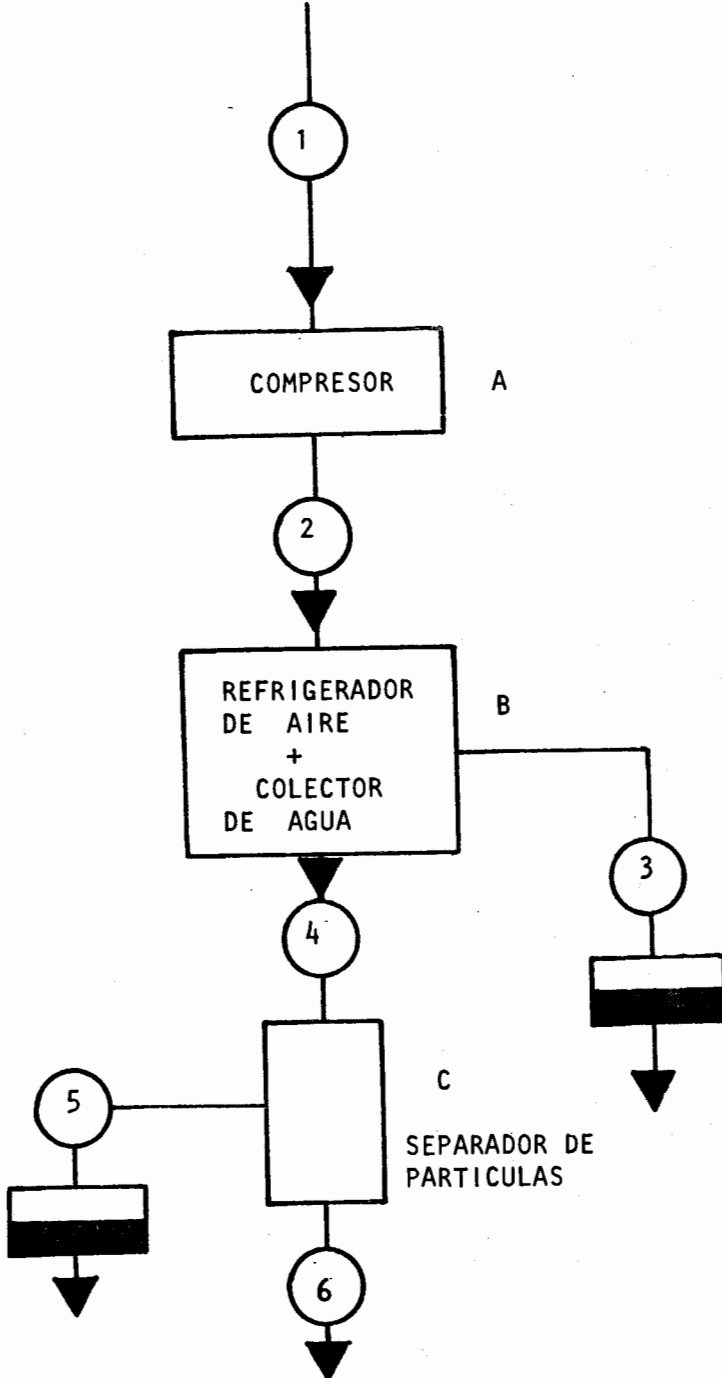
Temperatura de salida del aire	:	30°C
Eficacia de separación	:	80 %

C.- Separador

Eficacia de separación	:	100 %
------------------------	---	-------

FIGURA 2.2.

ELEMENTOS DE LA INSTALACION



Se supondrá que :

- La presión sea de 8,104 Kg/cm² a lo largo de toda la instalación (se desprecia las pérdidas de carga).
- La temperatura de salida del aire comprimido es constante a lo largo de las tuberías.

Los datos Psicrométricos que se calcularán en cada uno de los puntos seran :

Para la línea de aire

Humedad absoluta W , en gr/Kg

Humedad de saturación W_s , en gr/Kg

Humedad relativa W_r , en %

Punto de rocío a presión de servicio T_r ,
en °C

Arrastres líquidos A , A' , en lit/h; gr/Kg

Porcentaje de humedad sobre la inicial de aspiración , w , %

Para los condensados que se eliminen

Cantidad de separados L , L' en gr/Kg ; lit/h

Porcentaje de condensados separados respecto a la humedad inicial de aspiración l , en %

CALCULO .-

Punto 1.- Condiciones de aspiración

Encontramos la presión de saturación correspondiente a 30°C : (Tabla 2 , Apendice A)

$$P_a = 31,824 \text{ mmHg}$$

Aplicamos la fórmula siguiente para encontrar la humedad de saturación:

$$W_{s1} = 625 \frac{P_a}{P - P_a} = 625 \frac{31,824}{760 - 31,824}$$

$$W_{s1} = 27,32 \text{ gr(H}_2\text{O)}_v / \text{Kg (aire seco)}$$

Si sabemos que la humedad de saturación corresponde a 100 % de la humedad absoluta:

$$W_r = W_1 / W_{s1} \times 100 = W_1 = 17,21 \text{ gr/Kg}$$

El punto de rocío a la presión de servicio se lo encuentra en la siguiente forma : sabemos que :

$$W_s = 625 \cdot P_a / (P - P_a) \quad -1-$$

$$W = (W_r \cdot W_s) / 100 \quad -2-$$

Ocurre que $W = W_s$ (en el punto de rocío) reemplazando en -1- W por W_s y despejando P_a nos queda :

$$P_a = \frac{W \cdot P}{325 + W}$$

ahora :

$$w_{s1} = 27,32 \text{ gr/Kg}$$

$$w_1 = 17,21 \text{ gr/Kg}$$

$$P_a = 20,37 \text{ mmHg}$$

La temperatura correspondiente es : 22,3 °C

$$T_{r1} = 22,3 \text{ °C} \quad (\text{ver Tabla 2 ,apendice A})$$

El porcentaje de humedad sobre la inicial de aspiración.

$$w_1 = 100 \%$$

Punto 2.- Salida del compresor, entrada al refrigerador.

$$w_{s2} = 262,223 \text{ gr/Kg} \quad (\text{localizar en la tabla 1 a 9 atm y 130 °C})$$

$$w_2 = 17,21 \text{ gr/Kg} \quad , \text{ la misma que a la aspiración.}$$

$$w_{r2} = \frac{17,21}{262,223} \cdot 100 = 6,56 \%$$

$$T_{r2} = 65 \text{ °C} \quad (\text{Tabla 1 , con 9 Atm localizando la temperatura en que los 17,21 gr/Kg saturan el ambiente})$$

$$T_{ro2} = 23 \text{ °C} \quad (\text{Tabla 1 , con 1 Atm})$$

Punto 3.- Salida de condensados del refrigerador + colector de agua

Previamente se calcularán los condensados producidos por la refrigeración de :

$$W_4 = 2,9121 \text{ gr/Kg} \quad (\text{Tabla 1, a } 3000 \text{ y } 9 \text{ Atm})$$

$$C_3 = 7,2 \cdot 10^{-4} \cdot G \cdot X \cdot (W_i - W_f)$$

$$C_3' = W_i - W_f \quad , \text{ gr/Kg}$$

donde :

C = Caudal nominal de condensados formados , lit/h.

G = Caudal nominal de aire comprimido producido por el compresor en m³/min

X = Porcentaje de servicio en carga del compresor, %

W_i = Humedad inicial , gr/Kg

W_f = Humedad final , gr/Kg

$$C_3 = 4,9002 \text{ lit/h.}$$

$$C_3' = 14,298 \text{ gr/Kg}$$

$$L_3 = \frac{C_3 \cdot E}{100} \quad , \text{ lit/h}$$

$$L_3' = \frac{C_3' \cdot E}{100} \quad , \text{ gr/Kg}$$

donde : L y L' son caudal de separados

E = Eficacia de separación en %

$$C = L + A \quad ; \quad C' = L' + A'$$

donde : A y A' = arrastres en lit/h; gr/Kg

$$L_3 = 3,9202 \text{ lit/h de caudal separado}$$

$$L_3' = 11,438 \text{ gr/Kg de caudal separado}$$

El porcentaje de condensados separados respecto a la humedad inicial de aspiración, l en %

$$l_3 = \frac{11,438}{17,21} \cdot 100 = 66,5 \%$$

Punto 4.- Salida del refrigerador de aire , entrada al separador

$$W_{s4} = 2,9121 \text{ gr/Kg}$$

$$W_4 = 2,9121 \text{ gr/Kg}$$

$$W_{r4} = 100 \%$$

$$A_4 = C_3 - L_3 = 0,98 \text{ lit/h}$$

$$A_4' = 14,298 - 11,438 = 2,86 \text{ gr/Kg}$$

$$T_{r4} = 42,5 \text{ }^\circ\text{C de } (W_4 + A_4') = 2,91 + 2,86 = 5,7721 \text{ gr/Kg (se localiza en la tabla 1 a 9 Atm; la temperatura en que 5,7721 gr/Kg saturan el ambiente)}$$

$$T_{ro4} = 60^\circ\text{C (Localizar en la tabla 1 , la temperatur en que los 5,7721 gr/Kg saturan el ambiente) .}$$

$$w_4 = \frac{2,7721}{17,21} \cdot 100 = 16,11 \%$$

Punto 5 .- Salida de condensados del separador .

$$L_5' = 2,860 \text{ gr/Kg}$$

(la eficacia del separador supone que todos los arrastres que le entran son separados, cosa que seria factible en el caso que hubiera menos cantidad de arrastres), pero por la cantidad que parece existir actualmente, esta eficacia se ve disminuida y ocasiona la entrada de gran cantidad de condensado a la red de distribución, que a su vez se acumula a lo largo de la tubería , ocasionando danos ya observados.

$$I_5 = 16,62 \%$$

Punto 6.- Salida del separador , entrada a la red de distribución

$$W_6 = 2,9121 \text{ gr/Kg (identico que en el punto 4)}.$$

$$W_{s6} = 2,9121 \text{ gr/Kg (identico que en el punto 4)}.$$

$$W_{r6} = 100 \%$$

$$A_6' = 0 \text{ (en el mejor de los casos) no existen arrastres .}$$

$$w_6 = \frac{2,9121}{17,21} \cdot 100 = 16,92 \%$$

$$T_{r6} = 30 \text{ }^\circ\text{C (Dato localizado en la tabla 1 a 9 Atm Temperatura)}$$

con que 2,9121 gr/Kg saturan el ambiente). Coincide con la temperatura del aire comprimido.

$$T_{ro6} = -3^{\circ}\text{C}$$

CUADRO 2.2.

RECOPIACION DE RESULTADOS DEL CALCULO

	A	SC	PR	SR	PS	SS
W (gr/Kg)	17,21	17,21	----	2,91	-----	2,91
W _s (gr/Kg)	27,32	262,22	----	2,91	-----	2,91
W _r (%)	63,00	6,56	----	100	-----	100
T (°C)	30	130	----	30	-----	30
T _r (°C)	22,3	65	----	42,5	-----	30
T _{ro} (°C)	22,3	23	----	6	-----	-3
A' _{ro} (gr/Kg)	-----	-----	----	2,86	-----	0
w (%)	100	100	----	16,11	-----	16,92
L' (gr/Kg)	-----	-----	11,4	-----	2,86	-----
l (%)	-----	-----	66,5	-----	16,6	-----

- * Total de separados (L') = 14,30 gr/Kg
- * Porcentaje de condensados separados respecto a la humedad inicial de aspiración (l) = 83,12 %

A = Aspiración SC = Salida compresor
 PR = Purga refrigerador SR = Salida refrigerador
 PS = Purga separador SS = Salida separador

Resumiendo.- El cuadro 2.2. permitirá observar fácilmente las variaciones de las distintas magnitudes consideradas y, en consecuencia la utilidad y objeto de cada equipo.

Los resultados aquí obtenidos son ciertos, teniendo en cuenta que se ha partido de los supuestos ya mencionados.

OBSERVACIONES.-

- La suma de todos los condensados eliminados mas la humedad de salida del separador, debe ser igual a la humedad de entrada.

$$L' + W_6 = W_1$$

Sustituyendo:

$$14,30 + 2,91 = 17,21 \text{ gr/Kg}$$

- Puede verificarse que en esta instalacion, casi un 67% de la humedad la elimina el refrigerador, un 17% el separador. El resto se condensa en las líneas de distribución.

En general puede decirse que el problema de humedad en las líneas ha quedado evidenciado ya que el aire sale a 30°C.a

una humedad relativa del 100% y su temperatura de rocío es de 30°C.

Por tanto se recomienda el uso de un secador frigorífico que baje la temperatura de rocío a 4°C.

2.- ANALISIS DE LA INSTALACION

Para hacer un análisis del sistema de aire comprimido que nos proporcione parámetros y perspectivas de conservación energética, ha sido necesario revisar minuciosamente lo siguiente:

- a) Disposición de la red
- b) Dimensionamiento de la tubería para el consumo actual.
- c) Fugas de aire en la red
(equipos , mangueras)

Disposición de la red .- antes de establecer si la disposición actual es la mas adecuada, conviene tener presente que esta debe cumplir tres condiciones importantes:

- mínima pérdida de presión
- mínima pérdida por fugas

- mínima cantidad de agua en la red

En cuanto a las pérdidas de presión se recordará que se admite tan solo una caída de presión efectiva del 2% entre el compresor y el útil. No debemos olvidar además, que una cosa es presión de aire en el compresor y otra es presión de aire en la herramienta.

Normalmente, la presión de descarga final de los compresores es de 7 Kg/cm², (en nuestro caso se tiene 8,1 Kg/cm² ; pero hemos de tener presente que entre el compresor y lugar de trabajo se encuentra una vasta red de tuberías, mangueras, llaves, conexiones, cuyo sistema , en conjunto, opone una resistencia al paso del aire comprimido y, por tanto , este va perdiendo en su recorrido parte de esa presión de descarga final que sale del compresor.

En cuanto a la cantidad de agua en la red, ya se reviso al principio del capítulo, y lo que compete a fugas de aire sera revisado posteriormente.

Es importante añadir que la velocidad del aire también es una condición a tener en cuenta ; la cual en canalizaciones de tipo industrial será del orden de 8 - 15 m/seg. Cuanto mayor es la circulación de aire comprimido por las tuberías, tanto mayor es la caída de presión.

Ahora, considerando los aspectos ya mencionados y de acuerdo a la estructura del edificio , puntos de consumo, se establece que la red de distribución dispuesta en anillo cerrado actualmente no es la más apropiada, puesto que la instalación se proyecta en cuanto a la existencia de un secador frigorífico (dispositivo que no existe en esta instalación) a continuación del compresor ; por tanto , es normal la existencia de condensado, casi en grandes cantidades como en el análisis de humedad se detalla, y a pesar del tendido de la red con pendiente , las purgas automáticas y demás dispositivos.

A continuación, se presenta la Figura 2.3. que es una vista en planta de la disposición de la red, sin que en ella se indiquen los elementos separadores de humedad, purgas, etc.

Dimensionamiento de la tubería.- Para el transporte del aire comprimido desde el compresor hasta los lugares de utilización, se ha empleado una red de conducciones conocidas bajo el nombre genérico de tuberías.

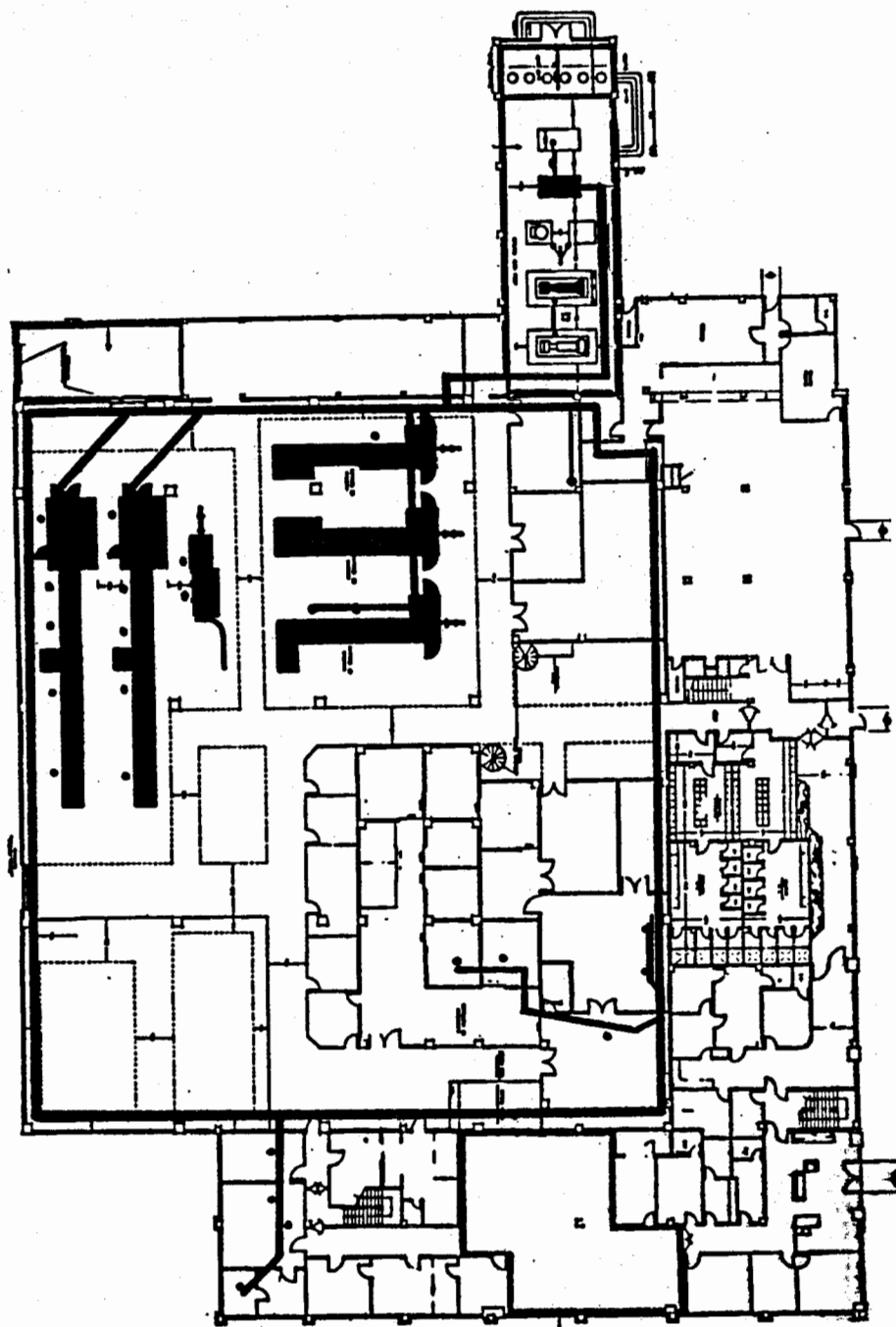
Se ha considerado tres tipos de tubería :

- Tubería principal (tubería madre del circuito cerrado)
- Tuberías secundarias
- Tuberías de servicio

El dimensionamiento a analizar en detalle es el de la tubería principal , de la cual mencionaremos que desde el punto de vista de la explotación no existe ningún riesgo en la sobredimensión; la caída de presión sera menor y la tubería funcionara como depósito de aire. El costo adicional como consecuencia de cierto aumento de la

FIGURA 2.3.

DISPOSICION DE LA RED



dimensión es insignificante comparado con los gastos que pueden originarse si la red de tuberías ha de renovarse al cabo de algún tiempo.

La caída de presión en un tubo recto se calcula por la fórmula :

$$P = \frac{B \cdot V^2 \cdot L \cdot P}{R \cdot T \cdot D} \quad (1)$$

donde :

P = Caída de presión en Atmosferas

P = Presion en Atmosferas absolutas

R = Constante de gas, equivalente a 29,27 para el aire .

T = Temperatura absoluta (t + 273) (2)

D = Diametro interior de la tubería en milímetros.

L = Longitud de la tubería en metros.

V = Velocidad del aire en metros/segundo

$$V = \frac{m^3/min}{60 \cdot P} \cdot \frac{10.000}{cm^2 \text{ seccion tubo}} \quad (1)$$

(1) Ver referencia # 4 en Bibliografía

(2) Se supone que la temperatura del aire t , es aproximadamente igual a la temperatura ambiente, si no se conoce este dato.

B = Índice de resistencia, grado medio de rugosidad, variable con la cantidad suministrada G.

(vease tabla 3 , Apendice A)

G = Cantidad de aire suministrado en Kg/hora =
(1,3).(m³/min).(60)

Por el momento y de acuerdo a la formulacion anterior , el problema consiste en calcular la caída de presión actual en la red principal, considerando un suministro de aire de 5,6 m³/min, el cual ha de transportarse una distancia de 200 metros por una tubería de 62,713 mm DI (2 1/2 Diámetro nominal) siendo la presión de 7,89 Atmosferas (8,1 Kg/cm²) y la temperatura de 30°C.

$$V = \frac{5,6 \text{ m}^3/\text{min}}{60.(7,89 + 1)} \cdot \frac{10000}{30,89} = 3,3987 \text{ m/s}$$

$$G = 1,3.(5,6).(60) = 436,8 \text{ Kg/h}$$

Para G igual a 436,8 Kg/h , B = 1,168

(vease tabla 3 , apendice A)

Sustituyendo en la formula que da la caída de presión, resulta:

$$P = \frac{1,168}{(29,27)(303)} \frac{(3,3987)^2}{62,71} \cdot 200 \cdot 8,89$$

$$P = 0,043 \text{ Atmosferas} = 0,044 \text{ Kg/cm}^2$$

Observamos que la caída de presión en la red es actualmente 0,044 Kg/cm², sin tomar en cuenta las caídas en los elementos de depuración como el refrigerador, separador y demás dispositivos de la red de distribución.

Puntualizamos además, que la caída de presión admisible es de 0,16 Kg/cm², por lo que existe un amplio margen de seguridad para sostener las pérdidas en las tuberías secundarias y de servicio.

En cuanto a la tubería secundaria, se indica que las velocidades que fluyen ahí son más altas en razón de que dichos tramos, al igual que las tuberías de servicio, son más cortos y una mayor velocidad no produce una excesiva caída de presión.

En la evaluación preliminar se observó que las tuberías secundarias tenían un diámetro

comprendido entre 1" y 3/4" , es decir, están en capacidad de manejar caudales un tanto exagerados para las necesidades actuales de los puntos de consumo.

Existe un detalle a mencionar, el cual es que la mayoría de la tubería secundaria es subterránea , lo que dificulta la correcta purga de la humedad.

Fugas de aire en la red. - Hemos de tener presente que una fuga es una pérdida de aire continua y frecuentemente es considerada insignificante.

Una inspección no muy exhaustiva del sistema de aire comprimido de la planta fue llevada a cabo.

En una primera revisión se analizó la red principal y parte de la tubería secundaria accesible (pues hemos mencionado que la mayor parte es subterránea), aquí no se detectó indicios de fuga.

En una segunda inspección se reviso los racores de empalme que se utilizan para la unión de la manguera con la toma de aire en la red y se detectó una considerable

cantidad de fugas, así como también en mangueras y enchufes.

Concluyendo sobre el análisis actual podemos decir que la disposición de la red no es la más apropiada tal como ha sido concebida, pensando solamente en la estructura del edificio; pero no en cuanto a la ubicación de máquinas y grado de sequedad del aire.

El montaje debió haber sido siempre aéreo hacia las máquinas con el objeto de una mejor inspección y un buen mantenimiento .

La carencia de suficientes dispositivos separadores de humedad y purgadores en líneas secundarias subterráneas, es objeto de múltiple y actuales problemas del tratamiento de aire en los puntos de utilización ; es por ello que se recomienda una mejor selección de las unidades de acondicionamiento del aire comprimido, como filtros, reguladores y lubricadores.

Hemos de mencionar que en el cálculo rápido de la red de distribución se puede usar el

ábaco y nomogramas mostrados en las Figuras del apéndice A .

2.2. PERSPECTIVAS DE CONSERVACION ENERGETICA.

A partir de la evaluación anterior sobre el sistemas actual y sus puntos mas importantes , estableceremos perspectivas bajo el mismo órden y que van desde la implementación de nuevos dispositivos hasta medidas simple de mantenimiento en algunos casos.

En cuanto a la humedad del aire.- el manejo del contenido de humedad tanto del aire atmosferico en la aspiración como el ya comprimido conlleva ahorros substanciales. En el caso de la humedad en la aspiración, se mostrará la factibilidad de influenciar en la temperatura de entrada, pues sabemos que actualmente la temperatura de ingreso del aire atmosferico al compresor oscila entre 30 y 32 °C , a pesar de que el cuarto del compresor tiene una disposicion un tanto adecuada. El problema radica en que en el mismo cuarto esta instalado el

caldero, el cual despidе mucho calor por radiación , aumentando la temperatura ambiente.

En el cuadro 2.3. se muestra los potenciales de ahorro energético si se disminuye la temperatura de entrada de aire al compresor.

CUADRO 2.3.

POTENCIAL DE AHORRO ENERGETICO CON RESPECTO A LA DISMINUCION DE LA TEMPERATURA DE ENTRADA DE AIRE ATMOSFERICO (P=1 Atm)

Temperatura de aire a la entrada (°C)	Volumen de entrada requerido para liberar 28,32 m ³ de aire a 21,11 °C	% ahorro en HP o incremento relativo
4,44	26,70	-5,7
10,00	27,24	-3,8
15,56	27,78	-1,9
21,11	28,32	0,0
26,67	28,88	1,9
32,22	29,45	3,8
37,78	30,02	5,7

Referencia : Compressed Air Data
editada por Ingersoll-Rand, Quinta edición.

Pues bien, utilizando algunos datos del cuadro 2.1. (Datos generales) e interpolando las cifras del cuadro 2.3. se tiene :

* Para 32°C de aire a la entrada , el volúmen requerido para liberar 28,32 m³ de aire a 21,11 °C = 29,40 m³.

* Para 27°C (temperatura deseada) de aire a la entrada, el volúmen requerido para liberar 28,32 m³ de aire a 21,11 °C = 28,914 m³ .

* El ahorro de energía si se lograra que la entrada de aire al compresor sea de 27°C, es decir 5 °C menos de lo actual sería :

$$\text{HP (ahorrado)} = \frac{29,40 - 28,914}{29,40} \cdot 100 = 1,65 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Ahorro anual de energía} &= \frac{1,65 \%}{100 \%} \times 49,62 \text{ HP} \\ &\times 0,746 \frac{\text{Kw}}{\text{HP}} \times 3.014,8 \frac{\text{h}}{\text{ano}} \\ &= 1.844,77 \text{ KWH / ano} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ahorro anual en costo} &= 1.844,77 \frac{\text{KWH}}{\text{ano}} \times 6,7 \frac{\text{sucres}}{\text{KWH}} \\ &= \text{S/. } 12.360,00 \text{ por ano} \end{aligned}$$

Por lo tanto se recomienda evaluar si la instalación de un ducto hacia partes mas frias del cuarto de compresor (o al exterior) es justificada.

En cuanto al manejo de la humedad en el aire ya comprimido denotamos también que la disminución de la temperatura implicará una producción de agua líquida en el sistema de distribución.

En el análisis realizado en el subcapitulo 2.1. se estableció que el contenido de humedad que salía del separador y hacia la red de distribución era practicamente elevado y condensable en el camino hacia los puntos de utilización, pues no hemos de olvidar que en una red de aire comprimido , la temperatura del aire que circula corresponde a su punto de rocío, puesto que esta saturado, y una variación de esta temperatura en menos producirá condensaciones.

En consecuencia para que en la instalación no aparezca ninguna cantidad de agua, el aire comprimido antes de ser distribuido a

la red, debe haberse secado hasta un punto de rocío que sea inferior a la temperatura del aire ambiente en donde se utiliza.

Las condensaciones de vapores de agua y aceite traen una serie de inconvenientes como:

- Corrosión de las tuberías
- Entorpecimiento en los accionamientos neumáticos
- Errores de medición en equipos de control
- Oxidación de los órganos internos en los equipos receptores.
- Y en general, bajo rendimiento de toda la instalación.

Es por esta razón que la perspectiva de ahorro energético no es directa, pero si indirecta , ya que el buen uso de los equipos depende de la calidad del aire.

A continuación se hace un análisis justificativo y técnico de la instalación de un equipo de secado que se podría ubicar a la salida del separador.

**Punto 6.- Salida del separador, entrada al
secador**

todos los datos son los mismos que los del punto 6. (salida del separador, entrada a la red de distribución) del subcapítulo 2.1.

$$\begin{aligned} W_6 &= 2,9121 \text{ gr/Kg} & A_6 &= 0 \\ W_{s6} &= 2,9121 \text{ gr/Kg} & W_6 &= 16,92 \% \\ W_r &= 100 \% & T_r &= 30^\circ\text{C} \\ T_{ro} &= -3^\circ\text{C} \end{aligned}$$

**Punto 7.- Salida de condensados del secador
frigorífico**

Previamente se calcularán los condensados producidos por la refrigeración :

$$\text{de } W_g = 0,55618 \text{ gr/Kg (Tabla 1 de 9atm a } 4^\circ\text{C)}$$

) donde la temperatura esta dada por el punto de rocío que brinde el equipo.

donde :

$$C_7 = (7,2 \cdot 10^{-4})(5,6)(85)(2,97 - 0,55618)$$

$$C_7 = 0,8273 \text{ litros / hora}$$

$$C_7' = 2,97 - 0,55618 = 2,4138 \text{ gr/Kg}$$

$$L_7' = \frac{2,4138}{100} \cdot 100 = 2,4138 \text{ gr/Kg}$$

$$l_7 = \frac{2,4138}{17,21} \cdot 100 = 14,03 \%$$

**Punto 8.- Salida de aire comprimido del
secador frigorífico**

$$W_B = 0,55618 \text{ gr/Kg}$$

Localizando en la tabla de 9 Atm la humedad
al punto de rocío 25 °C

$$W_{sB} = 2,17127 \text{ gr/Kg}$$

$$W_r = \frac{0,55618}{2,171288} \cdot 100 = 25,62 \%$$

$$A_r = 0 \text{ (no hay arrastres por ser
aire seco)}$$

$$A_{B'} = 0 \text{ (mismo comentario)}$$

$$w_B = \frac{0,55618}{17,21} \cdot 100 = 3,23 \%$$

$$T_{ro} = - 21,5 \text{ °C}$$

En conclusión podemos obtener el Cuadro 2.4
que es una recopilación de resultados de
cálculo en la que está incluido el uso de
un secador frigorífico cuya temperatura de
rocío se mantenga a 4°C para el aire
comprimido a la entrada de la red de
distribución.

CUADRO 2.4.

RECOPIACION DE RESULTADOS DEL CALCULO
 (incluido secador frigorífico)

	Salida separador	purga secador	salida secador
W (gr/Kg)	2,91	-----	0,5562
W _s (gr/Kg)	2,91	-----	2,1713
W _r (%)	100	-----	25,6200
T (°C)	30	-----	25
T _r (°C)	30	-----	4
T _{ro} (°C)	-3	-----	-21,5
A' (gr/Kg)	0	-----	0
w (%)	16,92	-----	3,23
L' (gr/Kg)	-----	2,4138	-----
l (%)	-----	14,0300	-----

* Total de separados (L') = 16,72 gr/Kg

* Porcentaje de condensados separados
 respecto a la humedad inicial de
 aspiracion (l) = 97,15 %

Comparando el Cuadro 2.2 (que representa el sistema sin secador) con el Cuadro 2.4. (sistema con secador) notamos que la cantidad de separados (L') y el porcentaje de condensados respecto a la humedad inicial son mayores con el uso de un secador.

En general puede verificarse que la instalación planificada de esta forma elimina un 66,5 % de la humedad por el refrigerador, un 16,6 % por el separador y un 14 % por el secador frigorífico, y aunque este último es un consumidor de energía, su beneficio radica en el aumento de efectividad de la red y sus elementos neumáticos.

En cuanto a la instalación: mencionaremos perspectivas que van desde la reparación de fugas inmediatas hasta la ligera disminución de la presión de operación del equipo compresor.

Vamos a tener presente que una fuga es una pérdida de aire continua y de un volumen sorprendentemente alto, no siempre fácil de descubrir.

Se ha realizado una inspección un tanto exhaustiva y se observó pequeñas fugas en uniones de tuberías (en las maquinas), racores de unión, mangueras y enchufes; es de mencionar que en la tubería principal no se detectó este grave problema.

En la página siguiente presentamos el Cuadro 2.5., el cual presenta el detalle de fugas encontrado, su orificio estimado, el aire desperdiciado (1), así como también su influencia en el costo energético.

Observamos (Cuadro 2.5.) que el costo económico de un escape continuo de aire comprimido es alto y aproximadamente igual a S/. 97,94 por hora de trabajo, tomando como referencia las 3014,8 horas trabajadas por el compresor en 1986.

Es por esto que con un gasto razonable de mantenimiento , estas cifras pueden bajar hasta un 5 a 10 % de la capacidad del compresor.

El costo de conservar las pérdidas de aire por escape dentro de límites tolerables, es muy pequeño en comparación con el costo de las pérdidas de aire en si .

(1) ver Tabla 5 , Apendice A.

CUADRO 2.5.

DATOS DE INSPECCION Y REPRESENTACION DE
LA PERDIDA ECONOMICA POR FUGAS

Maquina	Diametro estimado de fuga (mm)				
	0,5	1	2	3	5
	Numero de fugas				
1.- Toallas 1	2	2	0	0	0
2.- Toallas 3	2	1	1	0	0
3.- Panal 1	3	1	2	0	0
4.- Panal 2	1	1	1	0	0
5.- Carefree	1	0	1	0	0
6.- Mezcladora	0	1	0	0	0
7.- Codificadora	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
	9	7	4	0	0

Diametro estimado (mm)	numero de fugas	aire desperdiciado (dm ³ /ano)	costo (1) energetico (KWH/ano)	costo (2) economico (\$/ano)
0,5	9	3,52 . 10 ⁷	3.876,0	25.969,2
1	7	1,12 . 10 ⁸	12.333,0	82.631,1
2	4	2,53 . 10 ⁸	27.859,4	186.658,0
		<hr/>	<hr/>	<hr/>
		4,00 . 10 ⁸	44.068,4	295.258,5

(1) Basado en 37 KW para 1,013 . 10⁹ dm³/ano

(2) Basado en S/. 6,7 por KWH

La recomendación es entonces poseer un equipo de personal designado para la supervisión de la instalación de aire comprimido, que se dedique por lo menos una vez al año durante las vacaciones estivales, a una revisión general del sistema y equipos neumáticos, ya que esto representa un ahorro de energía que justifica, por sí solo, el gasto de mantenimiento. Para esto se debe dotar a las tuberías de llaves de paso para que puedan independizar los ramales para su comprobación. También se debe llevar un fichero que comprenda todas las herramientas y sus reparaciones, con las horas de servicio para un control de desgaste de sus órganos internos. Deben revisarse las llaves, enchufes y todos aquellos elementos que llevan prensaestopas o ajustes expuestos al desgaste.

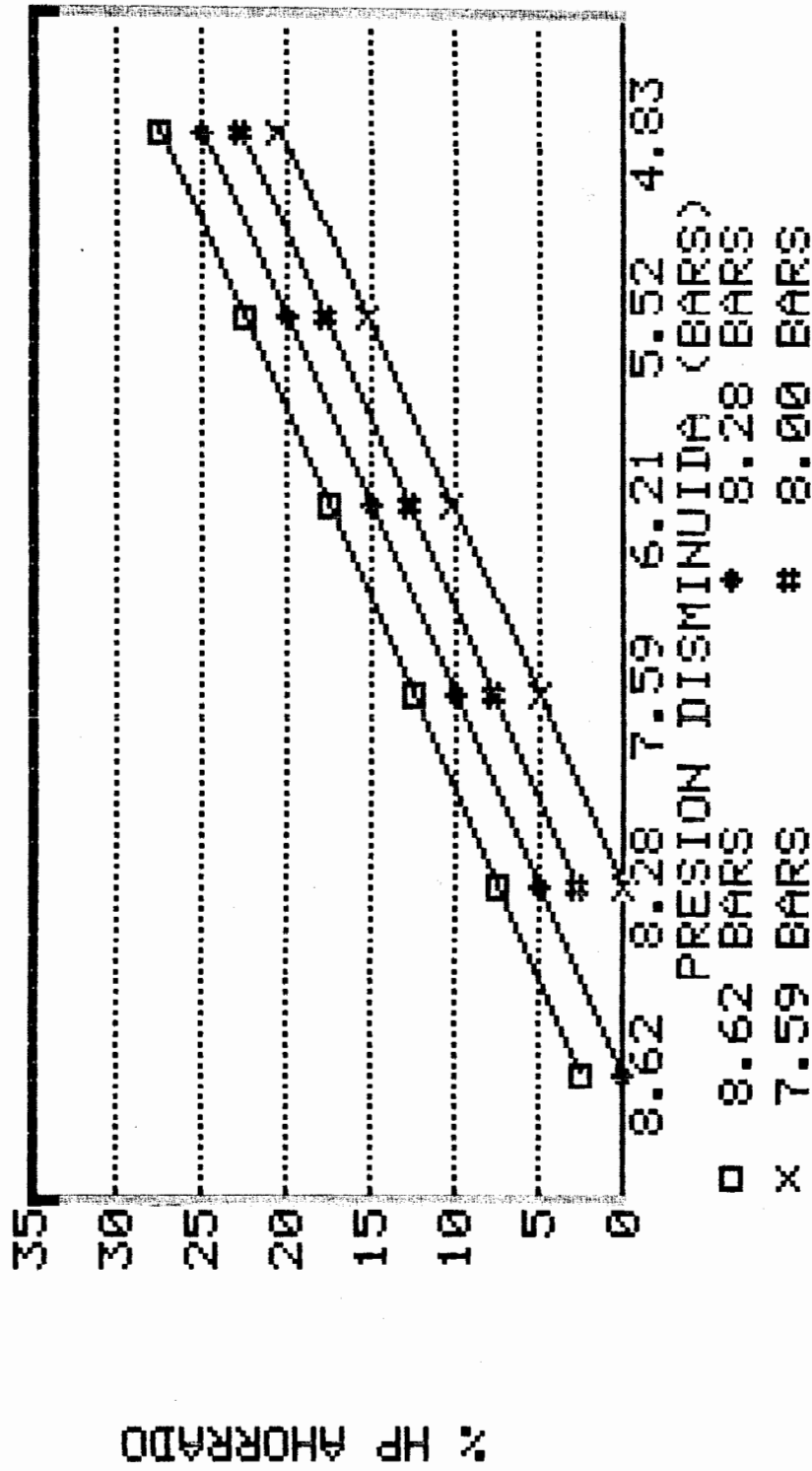
En cuanto a la disminución de la presión de operación del elemento compresor y su incidencia económica-energética hemos de referirnos a continuación.

Decimos que en condiciones normales de funcionamiento, la mayor parte de los equipos neumáticos están contruidos para obtener su máximo rendimiento a una presión de trabajo comprendida entre 6,5 y 7,5 bars en el mismo equipo. Esta es pues entonces una zona de funcionamiento óptimo. Por debajo de esta, el rendimiento del dispositivo baja rapidamente, y por encima (como ocurre actualmente a $P = 8$ bars) los organos de la herramienta están sometidos a vibraciones excesivas que hacen fatigosa la tarea del operador de las maquinas.

Es por esta razón que se ha determinado que una disminución de cierta cantidad de presión que no cause problemas de operación, puede ser llevada a cabo con los consiguientes resultados en cuanto a ahorro energético.

La figura 2.4. nos muestra el ahorro potencial para la disminución de presión en compresores de tornillo y de una sola etapa como el de nuestro caso.

POTENCIAL DE AHORRO ENERGETICO
DISMINUYENDO LA PRESION DE DESCARGA



De acuerdo a la interpolación realizada en la Figura 2.4. con una presión inicial de descarga de 8 bars y una disminución a 7,59 bars el porcentaje de ahorro energético en HP es del 3%, en consecuencia:

$$\begin{aligned} \text{Ahorro energético} &= \frac{3\%}{100\%} \times 49,62 \text{ HP} \\ &\times \frac{0,746 \text{ KW}}{\text{HP}} \times 3.014,8 \frac{\text{horas}}{\text{ano}} \\ &= 3.345,9 \text{ KWH / ano} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ahorro económico} &= 3.345,9 \frac{\text{KWH}}{\text{ano}} \times 6,7 \frac{\text{suces}}{\text{KWH}} \\ &= \text{S/. } 22.417,53 \text{ por ano.} \end{aligned}$$

Vemos que esta reducción en la presión de operación nos brindará un ahorro de aproximadamente 5 % del consumo anual en Kilovatios-hora.

La acción sugerida es entonces un ajuste al control de presión del compresor mediante consulta con la casa manufacturera (Atlas-Copco) ya que esta proveerá con toda seguridad datos de rendimiento e informará cualquier limitación en la disminución de la presión de operación.

CAPITULO III

EVALUACION DEL SISTEMA DE CLIMATIZACION

3.1. ANALISIS SISTEMATICO DE LOS EQUIPOS ACONDICIONADORES DE AIRE.

Actualmente existen :

- ocho (8) unidades centrales tipo paquete de 120.000 BTUH,
- tres (3) unidades centrales tipo paquete de 60.000 BTUH,
- Dos (2) unidades partidas Split de 36.000BTU
- Un equipo de refrigeracion de 60.000 BTUH
- Un Chiller de 60.000 BTUH,

Se menciona que las unidades tipo paquete son disenadas para cumplir los requerimientos de aplicaciones comerciales, pero de ninguna manera aptas para acondicionar zonas tales como laboratorios, produccion farmaceutica, etc; ya que en estas areas se requiere controlar tanto la temperatura como la humedad relativa.

Por otra parte los compresores de los equipos instalados son herméticos y presentan las siguientes desventajas :

- no son reparables
- tienen bajo rendimiento y durabilidad.

Las unidades climatizadoras de aire estan divididas y nominadas de acuerdo al sector que acondiciona, tal como se muestra a continuación con su respectiva capacidad en el cuadro 3.1.

En cuanto a la carga de enfriamiento es de importancia mencionar el subdimensionamiento y superdimensionamiento de ciertas unidades en algunas areas.

Tambien cabe mencionar que los niveles aconsejable de temperatura y humedad de acuerdo a respectivos requerimientos son:

* en oficinas, cafeteria y talco	Temperatura bulbo seco 75°F
	Humedad relativa 50 %
* En camara refrigerada	Temperatura bulbo seco 40°F
	Humedad relativa 15 %

CONSUMO ENERGETICO

El método seguido con el objetivo de estimar la energía de enfriamiento y sus

CUADRO 3.1.

IDENTIFICACION Y CAPACIDAD DE EQUIPOS

Unidades	Capacidad nominal
<u>Tipo paquete</u>	
1 .- Farmacia 1	120.000 BTU/H
2 .- Farmacia 2	120.000 BTU/H
3 .- Contabilidad	120.000 BTU/H
4 .- Gerencia	120.000 BTU/H
5 .- Operaciones	120.000 BTU/H
6 .- Profesional	120.000 BTU/H
7 .- S. Sociales	120.000 BTU/H
8 .- Cafetería 1	120.000 BTU/H
9 .- Cafetería 2	60.000 BTU/H

Tipo Split

10.- Pasillo	60.000 BTU/H
11.- Computación	36.000 BTU/H
12.- Talco	36.000 BTU/H
Camara refrigerada	60.000 BTU/H
Chiller	60.000 BTU/H

BTU/H : Unidad Termica Britanica por Hora

implicaciones económicas es relativamente simple y es debido a que las diferencias de temperatura interior-exterior bajo condiciones de enfriamiento son típicamente más pequeñas que bajo condiciones de calentamiento. Como un resultado, las cargas de enfriamiento dependen más fuertemente de factores como ganancia solar, cargas internas etc., no obstante el método aplicado en este trabajo y el método del grado de enfriamiento probablemente constituyen las mejores y más simples alternativas en este tipo de trabajos.

El método ejecutado a continuación se denomina método cronológico de carga completa equivalente y consiste en usar valores estimados, basados en la experiencia local, de la relación entre los requerimientos anuales o semestrales de energía de enfriamiento a la energía de entrada de los equipos.

También es importante mencionar que el costo de operación de los equipos acondicionadores de aire durante el

invierno en particular depende de variables tales como la cantidad de días soleados y lluvias , condiciones locales de humedad, eficiencia de equipos . A esta también influyen factores humanos tales como operación de equipos etc.

Análisis del régimen de trabajo

Se ha mencionado que para la empresa, el trabajo de las centrales acondicionadoras de aire implica un costo considerable en cuanto al consumo de energía eléctrica , razón por la que cualquier medida que signifique restricciones en el excesivo uso de estas y que no afecten el normal desenvolvimiento y el confort del personal de la empresa conllevará ahorros sustanciales.

Niveles de trabajo

Considerando como base de cálculo el primer semestre de 1986 para efectos del control general del consumo de energía y que :

días laborables	.....	127
Sabados	.....	26
Domingos	.....	26
Feriados	.....	3

- Para centrales de 120.000 BTU/H,
considerando que el encendido es a las
7h30 y el apagado a las 16h30.

$$(127 \text{ días })(9 \text{ horas/día }) = 1.143 \text{ horas/semestre}$$

- Para centrales de 60.000 BTU/H :

Cafetería :

$$(127 \text{ días })(7 \text{ horas/día }) = 889 \text{ horas/semestre}$$

Pasillo :

$$(127 \text{ días })(8 \text{ horas/día }) = 1.016 \text{ horas/semestre}$$

Cámara refrigerada :

$$(182 \text{ días })(24 \text{ horas/día}) = 4.368 \text{ horas/semestre}$$

Chiller :

$$452 \text{ horas/semestre} \quad 1 / 1986 \quad (1)$$

- Para unidades partidas de 36.000 BTU/H :

Computación :

$$(127 \text{ días })(8.5 \text{ horas/día}) = 1.079 \text{ horas/semestre}$$

Talco :

$$116 \text{ horas/semestre} \quad 1 / 1986 \quad (2)$$

- (1) Ver reporte semestral de energía en el cuadro 1.4. (líquidos)
- (2) Debido a que el equipo fue adquirido a inicios del semestre.

CUADRO 3.2.

POTENCIA EN EQUIPOS DE CLIMATIZACION

Fecha : Junio / 23 / 1986

Unidades	fp	V	A	P	
		voltios	Amperios	Potencia (Kw)	
Farmacia 1	(3Ø)	0,93	220	52	18,43
Farmacia 2	(3Ø)	0,93	220	50	17,72
Coñtabilidad	(3Ø)	0,93	220	30*	10,63
Gerencia	(3Ø)	0,93	220	45*	15,95
Operaciones	(3Ø)	0,93	220	50	17,72
Profesional	(3Ø)	0,93	220	54	19,14
Servicios Sociales	(3Ø)	0,93	220	54	19,14
Cafeteria 1	(3Ø)	0,93	220	50	17,72
Cafeteria 2	(1Ø)	0,93	220	16	3,27
Split computación	(1Ø)	0,93	220	22	4,50
Split talco	(1Ø)	0,93	220	23	4,71
Split pasillo	(1Ø)	0,93	220	35	7,16
Camara refrigerada	(3Ø)	0,93	220	40	14,18
Chiller	(3Ø)	0,93	220	20	7,09
Total potencia =					177,36 Kw

fp = factor de potencia

3Ø = Sistema Trifásico

1Ø = Sistema Monofásico

* Estos equipos permanecieron en mal estado durante toda la semana que se promediaron los datos.

CUADRO 3.3.

**CONTROL GENERAL DE CONSUMO DE ENERGIA
EN SISTEMAS DE CLIMATIZACION**

Fecha : I semestre de 1986

TIPO	#	Fu	CARGA (Kw)	NIVEL DE TRABAJO (Hr)	CONSUMO (KWH)
Central	8	0,80	17,72	1.143,0	129.625,34
Central	1	0,85	3,27	889,0	2.470,98
Spl.Pasillo	1	0,76	7,16	1.016,0	5.528,67
Spl.Computación	1	0,79	4,50	1.079,5	3.837,62
Spl.Talco	1	0,85	4,71	116,0	464,41
Chiller	1	0,80	7,09	452,0	2.563,74
Cam.Refrig.	1	0,67	14,18	4.368,0	<u>41.498,62</u>
TOTAL I / 1986					185.989,38

Fu: Factor de utilización que expresa el porcentaje real de funcionamiento a plena carga, es un dato empirico basado en el conocimiento de los equipos.

De los cuadros anteriores denotamos que la razón de eficiencia energética (EER) de los compresores de los equipos de 120.000 BTUH actualmente instalados es :

$$\text{EER} = \frac{17,72 \text{ Kw}}{10 \text{ Ton}} = 1,772 \text{ Kw/Ton}$$

Y en términos generales para todos los equipos oscila entre 1,386 y 2,87 ; los cuales comparados con los estándares normales mostrados en la tabla 3.4. son considerados antieconómicos.

CUADRO 3.4.

POTENCIA APROXIMADA DE ENTRADA

<u>Sistema</u>	<u>Compresor</u> (Kw/Ton)
Unidades de ventana	1,46
Centrales tipo paquete	
(3 a 25 Ton) aire enfriado	1,20
(25 a 100 Ton) aire enfriado	1,18
(25 a 100 Ton) agua enfriada	0,94
(sobre 100 Ton) agua enfriada	0,79

En el cuadro 3.2. se muestra las potencias individuales obtenidas a partir de la aplicación de la fórmula de potencia en sistemas trifásicos y monofásicos.

$$P = \sqrt{3} (V) (I) \text{ Cos } \phi$$

$$P = (V) (I) \text{ Cos } \phi$$

donde :

V = Voltaje (voltios)

I = Corriente (Amperios)

Cos ϕ = Factor de potencia

Los cuales fueron obtenidos mediante la utilización de instrumentos como el voltímetro , amperímetro y medidor de factor de potencia.

Los datos fueron el resultado de un promedio semanal de mediciones diárias ejecutadas en la semana del 16 al 20 de Junio de 1986.

En el cuadro 3.3. se muestra el control general del consumo energético de los equipos climatizadores; de aquí señalamos que el consumo referente al I / 1986 representó el 41,95 % del consumo total para dicho período que fue de 443.299 KWH.

3.1.1. PERSPECTIVAS DE CONSERVACION ENERGETICA

Basandonos en criterios estrictos sobre ahorro energético para los sistemas en general de aire acondicionado, los cuales a nuestro entender son :

- Condiciones internas de diseño
- Orientación de los edificios
- Materiales utilizados en la construcción (mamposteria, vidrios, tumbados, etc)
- Iluminación interna
- Desperdicio de energía por uso continuo del sistema en horas inadecuadas.

Condiciones internas de diseño

El confort de las personas es la parte fundamental de un sistema de acondicionamiento de aire.

Desde un punto de vista ingenieril, el cuerpo humano puede ser asimilado a una máquina termica, tanto que

cuanto mayor es el trabajo que hacemos , mas calor eliminamos. La temperatura y humedad del ambiente pueden influenciar profundamente la temperatura del cuerpo y su interior. Es necesario controlar el medio ambiente es decir las condiciones interiores de diseño que debe mantenerse en el ambiente acondicionado si se desea mantener condiciones confortables o evitar peligros fisiológicos en actividades calurosas.

La sociedad Americana de Ingenieros de calefaccion y aire acondicionado (ASHRAE) ha estudiado durante varios años las reacciones humanas a la temperatura del medio ambiente, humedad y movimiento de aire. Sus investigaciones condujeron al concepto de un índice empírico unico denominado Temperatura efectiva. La cual es una medida del confort que involucra los efectos combinados

de la temperatura, la humedad relativa y el movimiento de aire. La aplicación práctica del concepto de temperatura efectiva ha sido presentada por ASHRAE mediante la carta de confort donde se delimito la zona de confort en la que la mitad de los asistentes se encontraron satisfechos y esta es en temperaturas de 73°F y 77°F con humedades relativas entre 20% y 50%. Por consiguiente , este concepto que no implica mas que la consideracion de las condiciones internas de acuerdo a la carta de confort, es una perspectiva que no tiene otro fin que economizar energía en el funcionamiento actual del sistema, ya sea en el ahorro producido en la potencia que requieren los motores de los ventiladores utilizados para mover el aire frio, o en el ahorro producido por el consumo de energía

adicional requerida por el sistema de refrigeración para traer el aire exterior de renovación a las condiciones internas seleccionadas.

Orientación de los edificios

El sol es la fuente de mayor energía sobre la tierra y es a su vez el factor primario determinante del ambiente termico de un lugar, por lo tanto los cálculos de radiación solar para estimar la carga de refrigeración de un ambiente acondicionado, dependeran de la orientacion del sol con respecto al edificio; de aqui la importancia de conocer exactamanete la orientación de cada pared o ventana expuesta a la radiacion del sol.

La perspectiva de ahorro energetico radica entonces exclusivamente en construcciones futuras y previsibles para Johnson & Johnson del Ecuador.

Materiales de construcción

Como todos conocemos, los materiales en general tienen diferentes características térmicas, unos son buenos conductores de calor y otros son buenos aislantes del calor.

Es importante que en construcciones futuras para la empresa, se emplee materiales con buenas propiedades térmicas, a fin de conseguir el mejor aislante térmico y acústico que cumpla con los requerimientos de los constructores en lo relacionado a paredes exteriores de los edificios, losas de cubiertas, techos y tumbados falsos a fin de lograr un ahorro en el consumo de energía.

La carga térmica por radiación solar a través de las ventanas de un edificio cualquiera representa aproximadamente el 30% de la carga total de enfriamiento

(15 BTU/Hr-Ft²) por lo que es

indispensable que además de lograr una buena orientación del edificio con respecto al sol, se emplee vidrios que reflejen la radiación solar tal como lo está haciendo el actual diseño del edificio de la compañía.

Iluminación interna

Cada kilovatio de iluminación fluorescente representa 4,265 BTU/Hr de carga térmica a ser suministrada por el sistema de acondicionamiento de aire y siendo esta carga en promedio el 17% de la carga total de enfriamiento (8,5 BTU/Hr-Ft²) también se hace necesario la aplicación de niveles de iluminación estrictamente requeridos a fin de minimizar la carga térmica impuesta por el alumbrado y obtener de esa forma un ahorro en consumo de energía.

Desperdicio de energía por uso del sistema en horas inadecuadas

Sobre este punto el potencial de conservación energética en lo que respecta a las centrales tipo paquete y tipo split se concentra principalmente en los niveles de trabajo, tal como se ha evaluado a continuación :

- * En 7 Unidades de 120.000 BTUH se recomienda que su encendido siga efectuandose desde las 7h30 y en forma progresiva, es decir dos unidades cada cinco minutos con el objeto de controlar el pico maximo de carga originado por esta accion y equivalente a cuatro o cinco veces la potencia normal de entrada. Su apagado debera ser tambien a las 16h30 en dias ordinarios de trabajo y en epoca de invierno.

Durante la época de verano se aconseja que el encendido se efectue a las 8h00 y el apagado a las 16h00 ,lo que significaría:

$$\left(\frac{127 \text{ días}}{\text{semestre}} \right) \left(\frac{8 \text{ horas}}{\text{día}} \right) = 1.016 \frac{\text{horas}}{\text{semestre}}$$

$$\left(\frac{1.016 \text{ horas}}{\text{semestre}} \right) \left(124,04 \text{ Kw} \right) \left(0,80 \text{ fu} \right) = 100.819,7 \text{ KWH}$$

Actualmente en verano se consume con niveles de operación ya mencionados anteriormente la cantidad de 113.422.,18 KWH lo que indica que la medida a establecerse mediante procedimientos alternativos de operación ahorraría aproximadamente 12.602,47 KWH semestrales.

Es importante señalar las restricciones que debería haber en cuanto al uso de centrales de aire acondicionado de los días sábados y domingo, por cuanto representa un rubro considerable en relación a la

tarea productiva y al numero de personas al cual brinda confort. Por cuanto es importante que se conozca la incidencia de esta acción; es asi que considerando que un equipo de 120.000 BTUH sea encendido durante seis (6) horas aproximadamente los dias sabados de un semestre :

$$\left(\frac{26 \text{ dias sabados}}{\text{semestre}} \right) \left(\frac{6 \text{ horas}}{\text{dia}} \right) = 156 \text{ horas}$$

y tomando en cuenta que la potencia media del equipo es de 17,72 Kw

(aproximadamente), y ademas que el costo del KWH es de S/. 6,70 (Junio/86) con tendencia creciente mensual , tenemos :

$$(17,72 \text{ Kw}) \left(\frac{156 \text{ Horas}}{\text{semestre}} \right) (0,80 \text{ fu}) = 2.211,5 \text{ KWH}$$

$$2.211,5 \text{ KWH} \times \left(\frac{6,7 \text{ sucres}}{\text{KWH}} \right) = \text{S}/.14.816,8 \text{ por un equipo}$$

También es importante conocer como las medidas de mantenimiento afectan

la rentabilidad del sistema; es por esto que el incremento de tan solo dos (2) ampérios, por cualquier motivo, en la entrada de los circuitos principales y mantenidas en cada unidad durante un periodo semestral ocasiona un aumento de 0,76 KW por unidad, lo cual cuantitativamente implica :

$$(0,76 \frac{\text{KW}}{\text{unidad}}) (8 \text{ unidades}) (1.143 \text{ horas}) (0,80 \text{ fu}) =$$

$$5.519,5 \text{ KWH} \times 6,7 \frac{\text{suces}}{\text{KWH}} = \text{S/} .37.248,7 \text{ semestral}$$

es decir S/. 6.208,2 mensuales en las ocho (8) unidades.

* Se sugiere que las unidades de cafeteria que son de 120.000 BTUH y 60.000 BTUH sean encendidas a las 11h00 y apagadas a las 15h00, lo que cuantificado seria:

Para central de 120.000 BTUH :

$$(127 \text{ dias}) (4 \frac{\text{horas}}{\text{dia}}) (0,80 \text{ fu}) = 406,4 \frac{\text{horas}}{\text{semestre}}$$

Para central de 60.000 BTUH :

$$(127 \text{ días}) \left(\frac{4 \text{ horas}}{\text{día}} \right) (0,85 \text{ fu}) = 431,8 \frac{\text{horas}}{\text{semestre}}$$

CONSUMO DE ENERGIA :

$$(17,72 \text{ KW}) \left(\frac{406,4 \text{ horas}}{\text{semestre}} \right) = 7.201,41 \text{ KWH}$$

$$(3,27 \text{ KW}) \left(\frac{431,8 \text{ horas}}{\text{semestre}} \right) = 1.411,98 \text{ KWH}$$

$$8.613,39 \text{ KWH}$$

$$(8.613,39 \text{ KWH}) \left(\frac{6,70 \text{ sucres}}{\text{KWH}} \right) = \text{S/} . 57.709,74$$

Actualmente con niveles de trabajo ya mencionados y para las mismas unidades se consume :

$$(18.674,14 \text{ KWH}) \left(\frac{6,70 \text{ sucres}}{\text{KWH}} \right) = \text{S/} . 125.116.74$$

Esto significa que el establecer restricciones en el orden ya mencionado y para las unidades establecidas, nos brindaría una perspectiva de conservación energética de S/.67.406,99 semestral

* Para la unidad de 60.000 BTUH instalada en el pasillo se sugiere también una modificación de horario de trabajo.

Se encendería a las 11h00 y se apagaría a las 16h30, lo que cuantificado sería :

$$(127 \text{ días}) \left(\frac{5,5 \text{ horas}}{\text{día}} \right) = 698,5 \frac{\text{horas}}{\text{semestre}}$$

CONSUMO DE ENERGIA :

$$(7,16 \text{ KW}) \left(\frac{698,5 \text{ horas}}{\text{día}} \right) (0,76 \text{ fu}) = 3.800,9 \text{ KWH}$$

$$3.800,9 \text{ KWH} \times \frac{6,70 \text{ sucres}}{\text{KWH}} = \text{S/. } 25.466,0$$

Actualmente con niveles de trabajo diferentes y del orden de ocho (8) horas diarias se consume:

$$(5.528,67 \text{ KWH}) \left(\frac{6,70 \text{ sucres}}{\text{KWH}} \right) = \text{S/. } 37.042,1$$

Lo que nuevamente implica que restricciones en el trabajo del equipo nos daría un ahorro en el

consumo de energía eléctrica de S/. 11.576,1 semestral

En general, el potencial técnico de ahorro energético estableciendo procedimientos alternos de operación que no involucra inversiones de capital si no mas bien la ejecución conciente de un programa de ahorro energetico demuestra que la energía a conservarse estaria en el orden de 24.390,99 KWH lo que implica el 13,11 % del consumo por climatización y el 5,50 % del consumo general de Johnson & Johnson del Ecuador en el primer semestre de 1986.

3.2. ANALISIS SISTEMATICO DEL EQUIPO DE REFRIGERACION Y CAMARA REFRIGERADA.

Se ha determinado en el capitulo I y 3.1. que uno de los mayores consumidores energeticos es el equipo de refrigeración; en vista de tal circunstancia, una

evaluación un tanto exhaustiva se ha llevado a cabo y tratara como objetivo el confrontar los parámetros de diseño mencionados a continuación con el equipo seleccionado para dicho trabajo actualmente.

INSPECCION DEL TRABAJO.-

En la selección de un equipo de refrigeración que resultara en un sistema balanceado ha sido necesario :

1.- Determinar toda la información pertinente haciendo una inspección.

a.- Diseñar temperatura ambiente

b.- Almacenar en el area la temperatura y humedad relativa.

c.- Dimensiones de la habitacion y tipo de construccion, aislamiento, posicion , etc.

d.- Servicio electrico y disponibilidades de agua.

2.- Basados en la información obtenida de la inspección de trabajo , se procedera a calcular la carga total de calor en

el espacio refrigerado. El total de esta carga generalmente incluye las siguientes fuentes principales de ganancias de calor.

- a.- Carga de calor solar por paredes (transmisión , carga solar, etc)
- b.- Carga por cambios de aire -infiltración-.
- c.- Carga de producto.
- d.- Carga miscelaneas, incluyendo las ganancias de calor por personas y toda la energía eléctrica disipada por luces, motores, calentadores, etc.
- e.- Motores del ventilador del evaporador.
- f.- Es recomendable que el 10 % del factor de seguridad deba ser sumado a la carga total.

3.- Se ha determinado la carga por hora y la diferencia de temperatura requerida (TD) entre la temperatura del espacio refrigerado y la temperatura del evaporador .

- a.- La carga por hora de operación sera inversamente proporcionar al tiempo de funcionamiento del compresor, los cuales dependeran esencialmente de la habitacion, temperatura del evaporador, tipo y numero de descongelaciones diarias en BTU/Hr iguales a BTU por 24 horas dividido para la capacidad del compresor en horas.
- b.- El tipo de operación y producto determinará los limites del movimiento de aire dentro de la habitación.
- 4.- Con la carga por hora seleccionada como una guia, seleccionar el compresor y sus componentes necesarios para mantener la carga.
Seleccionar el tipo de evaporador requerido para balancear la capacidad del compresor seleccionado sobre la diferencia de temperatura requerida.

CALCULOS DE LA CARGA DE REFRIGERACION

Basado en lo especificado sobre inspección de datos del trabajo (ver cuadro 3.5.) , la carga total de calor ganado del espacio refrigerado sera la suma total de :

- 1.- Carga por transmisión en las paredes, piso y techo.
- 2.- Carga por cambios de aire
- 3.- Carga miscelanea

El 10 % de factor de seguridad sera normalmente anadido antes de seleccionar el evaporador y compresor.

CARGA DE CALOR POR PAREDES

La ganancia de calor a traves de las paredes , piso y techo de la cámara refrigerada en Johnson & Johnson variara con los siguientes factores:

- * tipo y espesor de aislamiento.
- * Tipo de construccion
- * Area exterior de paredes
- * Diferencia de temperatura entre el espacio refrigerado y el ambiente

CUADRO 3.5.

DATOS ESTIMADOS DE LA INSPECCION

(Camara refrigerada)

Nombre de la empresa: JOHNSON & JOHNSON DEL ECUADOR
 fecha : 26 de Septiembre de 1986
 tipo de construcción : Bajo techo

DISEÑO DEL AMBIENTE EXTERIOR

Temperatura de bulbo seco (°F )	.....	85
Temperatura de bulbo humedo (°F )	.....	74,5
Humedad relativa ( % )	.....	60
Temperatura del piso (°F )	.....	55

DISEÑO DEL AMBIENTE INTERIOR

Temperatura de bulbo seco (°F )	.....	40
Temperatura de bulbo humedo (°F )	.....	28
Humedad relativa ( % )	.....	13

DIMENSIONES EXTERIORES DE LA CAMARA

Ancho :	26,9	pies
Largo :	24,6	pies
altura:	11,48	pies
Area exterior		
total:	1.844,18	pies ²

exterior ajustado para permitir la carga solar de calor sobre cualquier superficie expuesta al sol.

Es usual en este tipo de cámaras refrigeradas tratar cada superficie expuesta separadamente.

A continuación denotaremos la terminología que se usara para los calculos respectivos:

C = Conductancia termica

K_w = Conductividad térmica de la pared

X_w = Espesor de la pared

h_i = Coeficiente convectivo interior

h_o = Coeficiente convectivo exterior

U = Coeficiente Global de Transferencia

R = Resistencia térmica total

A = Area de paredes

ΔT = Temperatura (exterior - interior)

CALCULOS.-

Para los efectos consiguientes, ciertos valores fueron obtenidos en tablas de manuales de refrigeración, las cuales se las presenta en el apendice B .

A continuación, en la figura 3.1. y en el cuadro 3.5. se presenta el tipo de construcción de las paredes y techo así como también de sus respectivas conductividades y conductancias térmicas, las cuales serán aplicables en la obtención de la resistencia térmica total (R_t) :

$$R_t = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{C_1} + \frac{X_1}{K_{w1}} + \frac{1}{C_2} + \frac{X_2}{K_{w2}} + \frac{X_3}{K_{w3}} + \frac{1}{h_o}$$

Posteriormente se encontrara el coeficiente global de transferencia (U).

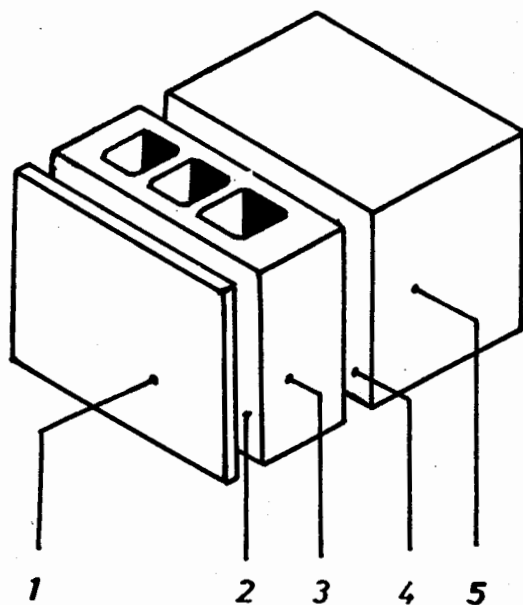
$$U = 1 / R_t$$

El cual nos será de mucha utilidad en la obtención del calor transmitido .

$$Q = U A \Delta T$$

FIGURA 3.1.

TIPO DE CONSTRUCCION EN PAREDES Y TECHOS

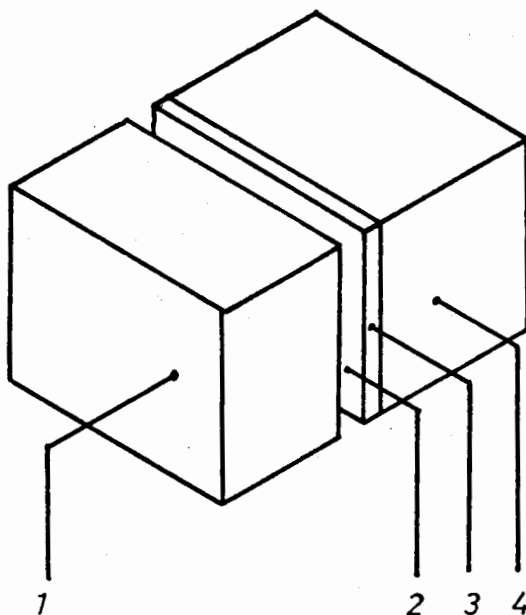


SUPERFICIE EXTERIOR

1.- ASFALTO (1/4")

2.- ENLUCIDO EXTERIOR
(1/2")3.- BLOQUE DE CONCRETO
(3 1/2 ")4.- ENLUCIDO INTERIOR
(1/2")5.- POLIESTIRENO
(9")

SUPERFICIE INTERIOR



SUPERFICIE EXTERIOR

1.- POLIESTIRENO
(3")

2.- ASFALTO (1/4")

3.- ENLUCIDO EXTERIOR
(1/2")

4.- CEMENTO (4")

SUPERFICIE INTERIOR

CUADRO 3.6.

CARGA TERMICA EN LAS PAREDES Y TECHO

Ubicacion : PARED NORTE (sin efecto solar)
 Largo : 26,9 pies
 Ancho : 11,48 pies
 Area : 308,812 pies²

Composicion

coeficientes

1.- Superficie exterior	$h_o = 4$	BTU / Hr-Ft ² -OF
2.- Asfalto (1/4 ")	$C_1 = 2,27$	BTU / Hr-Ft ² -of
3.- Enlucido exterior (1/2")	$K_{w1} = 5$	BTU-pg/Hr-Ft ² -of
4.- Bloque de concreto(3,5")	$C_2 = 1,4$	BTU / Hr-Ft ² -of
5.- Enlucido interior (1/2")	$K_{w2} = 5$	BTU-pg/Hr-Ft ² -of
6.- Poliestireno (9 ")	$K_{w3} = 0,26$	BTU-pg/Hr-Ft ² -of
7.- Superficie interior	$h_i = 1,46$	BTU / Hr-Ft ² -of

$$R_t = 36,90513 \text{ Hr-Ft}^2\text{-OF} / \text{BTU}$$

$$U = 1 / R_t = 0,0270965$$

$$Q = 376,55 \text{ BTU} / \text{Hr}$$

Ubicacion : PARED SUR (a la sombra)
 Largo : 26,9 pies
 Ancho : 11,48 pies
 Area : 308,812 pies²

Composicion

coeficientes

1.- Superficie exterior	$h_o = 4$	BTU / Hr-Ft ² -of
2.- Asfalto (1/4 ")	$C_1 = 2,27$	BTU / Hr-Ft ² -of
3.- Enlucido exterior (1/2")	$K_{w1} = 5$	BTU-pg/Hr-Ft ² -of
4.- Bloque de concreto(3,5")	$C_2 = 1,4$	BTU / Hr-Ft ² -of
5.- Enlucido interior (1/2")	$K_{w2} = 5$	BTU-pg/Hr-Ft ² -of
6.- Poliestireno (9 ")	$K_{w3} = 0,26$	BTU-pg/Hr-Ft ² -of
7.- Superficie interior	$h_i = 1,46$	BTU / Hr-Ft ² -of

$$R_t = 36,90513 \text{ Hr-Ft}^2\text{-OF} / \text{BTU}$$

$$U = 1 / R_t = 0,0270965$$

$$Q = 376,55 \text{ BTU} / \text{Hr}$$

CUADRO 3.6. (continuacion)

CARGA TERMICA EN LAS PAREDES Y TECHO

Ubicacion : PARED ESTE (bajo efecto solar)
 Largo : 24,6 pies
 Ancho : 11,48 pies
 Area : 282,41 pies²

Composicion	coeficientes	
1.- Superficie exterior	$h_o = 4$	BTU / Hr-Ft ² -of
2.- Asfalto (1/4 ")	$C_1 = 2,27$	BTU / Hr-Ft ² -of
3.- Enlucido exterior (1/2")	$K_{w1} = 5$	BTU-pg/Hr-Ft ² -of
4.- Bloque de concreto(3,5")	$C_2 = 1,4$	BTU / Hr-Ft ² -of
5.- Enlucido interior (1/2")	$K_{w2} = 5$	BTU-pg/Hr-Ft ² -of
6.- Poliestireno (9 ")	$K_{w3} = 0,26$	BTU-pg/Hr-Ft ² -of
7.- Superficie interior	$h_i = 1,46$	BTU / Hr-Ft ² -of

$$R_t = 36,90513 \text{ Hr-Ft}^2\text{-of / BTU}$$

$$U = 1 / R_t = 0,0270965$$

$$Q = 374,97 \text{ BTU / Hr}$$

Ubicacion : PARED OESTE (a la sombra)
 Largo : 24,6 pies
 Ancho : 11,48 pies
 Area : 282,41 pies²

Composicion	coeficientes	
1.- Superficie exterior	$h_o = 4$	BTU / Hr-Ft ² -of
2.- Asfalto (1/4 ")	$C_1 = 2,27$	BTU / Hr-Ft ² -of
3.- Enlucido exterior (1/2")	$K_{w1} = 5$	BTU-pg/Hr-Ft ² -of
4.- Bloque de concreto(3,5")	$C_2 = 1,4$	BTU / Hr-Ft ² -of
5.- Enlucido interior (1/2")	$K_{w2} = 5$	BTU-pg/Hr-Ft ² -of
6.- Poliestireno (9 ")	$K_{w3} = 0,26$	BTU-pg/Hr-Ft ² -of
7.- Superficie interior	$h_i = 1,46$	BTU / Hr-Ft ² -of

$$R_t = 36,90513 \text{ Hr-Ft}^2\text{-of / BTU}$$

$$U = 1 / R_t = 0,0270965$$

$$Q = 344,36 \text{ BTU / Hr}$$

CUADRO 3.6. (continuacion)

CARGA TERMICA EN LAS PAREDES Y TECHO

Ubicacion : TECHO (bajo efecto solar)
 Largo : 26,9 pies
 Ancho : 24,6 pies
 Area : 661,74 pies²

Composicion

coeficientes

1.- Superficie exterior	$h_o = 4$	BTU / Hr-Ft ² -OF
2.- Poliestireno (3 ")	$K_{w3} = 0,26$	BTU-pg/Hr-Ft ² -OF
3.- Asfalto (1/4 ")	$C_1 = 2,27$	BTU / Hr-Ft ² -OF
4.- Enlucido exterior (1/2")	$K_{w1} = 5$	BTU-pg/Hr-Ft ² -OF
5.- Cemento (4 ")	$K_{w3} = 12$	BTU-pg/Hr-Ft ² -OF
6.- Superficie interior	$h_i = 1,46$	BTU / Hr-Ft ² -OF

$$R_t = 12,8289 \text{ Hr-Ft}^2\text{-OF} / \text{BTU}$$

$$U = 1 / R_t = 0,0779484$$

$$Q = 2321,17 \text{ BTU} / \text{Hr}$$

Ubicacion : PISO
 Largo : 26,9 pies
 Ancho : 24,6 pies
 Area : 661,74 pies²
 Temperatura del piso : 75 OF
 Temperatura de almacenaje : 40 OF

Composicion

coeficientes

1.- Cemento (1/2")	$K_{w1} = 12$	BTU-pg/Hr-Ft ² -OF
2.- Enlucido interior (1 ")	$K_{w2} = 5$	BTU-pg/Hr-Ft ² -OF
3.- Superficie interior	$h_i = 1,46$	BTU / Hr-Ft ² -OF

$$R_t = 1,552 \text{ Hr-Ft}^2\text{-OF} / \text{BTU}$$

$$U = 1 / R_t = 0,6443$$

$$Q = 14923,26 \text{ BTU} / \text{Hr}$$

CARGA TOTAL DE CALOR POR PAREDES = 16.395,69 BTU / Hr
 = 393.496,56 BTU / 24 Hr

CARGA DE CALOR POR CAMBIOS DE AIRE

Cada vez que la puerta de un espacio refrigerado es abierta, algun aire exterior entrará a la habitación. Este aire debena ser enfriado a la temperatura de almacenamiento de la cámara y por lo tanto incrementará la carga requerida en la habitación.

La tabla 4 mostrada en el apendice B indica el número promedio de cambios de aire a ser esperados diariamente para varios tamaños de cámara.

Esta informacion esta basada en experiencia, desde que es imposible determinar exactamente, dia a dia, y de instalación en instalación, cuantos cambios van ocurrir.

Para tranquilidad y exactitud de cálculos, el calor extraído de un pie cúbico de aire (BTU / pie³) para enfriarlo desde condiciones exteriores a condiciones de temperatura de almacenamiento ha sido tabulado en la tabla 5 del apendice B.

La carga por cambios de aire en BTU / 24 Hr se obtiene multiplicando el volumen interior de la camara en pies cúbicos por el numero de cambios de aire cada 24 horas por los BTU a ser extraídos por cada pie cúbico de aire.

CALCULOS.-

$$\text{Volúmen interior} = (26,9 - \frac{27,5}{12}) = 24,6 \text{ pies}$$

$$(24,6 - \frac{27,5}{12}) = 22,31 \text{ pies}$$

$$(11,48 - \frac{27,5}{12}) = 9,2 \text{ pies}$$

$$= 5043,71 \text{ pies}^3$$

- Usando la tabla 4 del apendice :

$$V_{int} = 5.043,71 \text{ pies}^3$$

Cambios de aire = 7,2 cambios / 24 horas

- Usando la tabla 5 del apendice :

temperatura de almacenamiento = 40°F

temperatura del aire exterior = 85°F

Humedad relativa exterior = 60 %

El calor extraído es 1,92 BTU / pies³

$$Q = (V_{int}) (\frac{\# \text{ cambios}}{24 \text{ horas}}) (\frac{\text{BTU}}{\text{pies}^3})$$

$$Q = (5.043,71) (7,2) (1,92)$$

$$Q = 69.724,25 \text{ BTU} / 24 \text{ Horas}$$

CARGAS MISCELANEAS

Toda la Energía eléctrica disipada por luces, motores, etc, localizada en la cámara refrigerada fue incluida en la carga de calor .

Lúces.- La carga por lúces es igual al vatiaje total de iluminación por el número de horas por 4,2 (factor para luces fluorescentes).

$$Q_1 = 8 \text{ lamparas} \times 40 \frac{\text{watts}}{\text{lampara}}$$

$$Q_1 = (320 \text{ watts}) (4,2 \frac{\text{BTU/Hora}}{\text{watts}}) = 1.344,0 \frac{\text{BTU}}{\text{hora}}$$

$$Q_1 = 32.256 \text{ BTU} / 24 \text{ horas}$$

Motores.- El calor de entrada de los motores variará con el tamaño , los BHP (potencia al freno) de salida, eficiencia , etc; y si esta localizado dentro o fuera del espacio refrigerado.

Los resultados de este cálculo fueron obtenidos de la tabla 6 del apéndice.

de motores : 3 (ventiladores)
 Potencia al freno : 3/4 HP
 eficiencia : 72 %

$$Q_m = (3) (2680 \text{ BTU/H}) (24 \text{ horas})$$

$$Q_m = 192.960 \text{ BTU} / 24 \text{ horas}$$

Ocupantes. - La gente trabajando en áreas refrigeradas disipa calor a una razón dependiente de la temperatura de la cámara refrigerada. La carga de calor añadida a la habitación será igual al número de personas, las horas de ocupación y el calor equivalente por persona tal como lo indica la tabla 7 del apéndice.

temperatura de la cámara = 40°F

Calor equivalente por persona : 840 BTU / H

de personas : 1 c / 24 horas

$$Q_p = 20.160 \text{ BTU} / 24 \text{ horas}$$

GANANCIA TOTAL DE CALOR

Carga por paredes	=	35.338,32	BTU / 24 h
Carga por techo	=	55.708,08	BTU / 24 h
Carga por piso	=	393.496,56	BTU / 24 h
Carga por cambios de aire	=	69.724,25	BTU / 24 h
Cargas miscelaneas	=	<u>245.376,00</u>	<u>BTU / 24 h</u>
Carga total	=	799.643,45	BTU / 24 h

Factor de seguridad .- Un minimo del 10 % de factor de seguridad debe ser añadido a la carga total de refrigeración para corregir omisiones o ineficiencias,

$$= 799.643,45 \frac{\text{BTU}}{24 \text{ h}} \times \frac{18 \text{ horas de funcionamiento}}{24 \text{ horas del dia}}$$

$$= 599.732,59 \text{ BTU} / 24 \text{ horas.}$$

Factor de seguridad = 1,1

$$\begin{aligned} \text{Carga Total de diseño} &= 659.705,85 \text{ BTU} / 24 \text{ h.} \\ &= 27.487,7 \text{ BTU} / \text{h.} \end{aligned}$$

En consecuencia al análisis hecho anteriormente y al objetivo de confrontar los parámetros de diseño con los del equipo seleccionado y en funcionamiento actual mostramos el siguiente cuadro.

CUADRO 3.7.

DATOS COMPARATIVOS DE DISEÑO Y EQUIPO ACTUAL

	Diseno	Actual
Temperatura bulbo seco (°F)	40	40
Temperatura bulbo humedo (°F)	28	28
Humedad relativa (%)	13	15
Carga total de calor (BTU/Hora)	27.487,7	27.487,7
Equipo seleccionado (BTU/Hora)	30.000	60.000
Consumo Energético (I /1986)	27.736,8	40.532,8

3.2.1. PERSPECTIVAS DE CONSERVACION ENERGETICA

En base a los datos comparativos del cuadro 3.6. se deduce que el equipo seleccionado y en funcionamiento actual, de acuerdo a las condiciones de diseno analizadas, está duperdimensionado en dos veces su capacidad de diseno, dando lugar a un excesivo consumo energético.

Por lo tanto, esta es una razón justificada para estudios al respecto y concernientes al ahorro energético en la cámara refrigerada. Es por esto que se ha evaluado los equipos y ciertos aspectos operacionales que incluyen :

- * consumo total actual de energía eléctrica y posibilidades de sustitución de equipos.
- * Análisis de la distribución de la carga térmica de la cámara y dimensionamiento térmico de la misma.

Una de las perspectivas a estudiarse es entonces el caso de la sustitución del equipo de refrigeración que actualmente presta servicio. La práctica demuestra que su excesivo consumo de energía eléctrica (41.498,62 KWH) I /1986 representa un gasto considerable y

digno de un análisis exhaustivo.
Para esto, se ha seleccionado de acuerdo a datos anteriores de diseño, un equipo de refrigeración cuyas características se muestran en el cuadro 3.8. :

CUADRO 3.8.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL EQUIPO DE REFRIGERACION SELECCIONADO

Marca : Mc Quay Refrigeration Products

Unidad Condensadora

Especificacion del modelo : RHQ-040-C-M

Capacidad : 31.500 BTU/Hora

Refrigerante : Freon 12

Compresor

tipo : Hermetico 1750 rpm (revoluciones
por minuto.)

potencia : 4 HP (Caballos de fuerza)

modelo : NRD1-0310

Desplazamiento : 815 CFM (pies cubicos
por minuto.)

Condensador

Tipo : Tubos con circuitos subenfriadores

Area de cara : 6,51 pie³

CUADRO 3.8. (continuacion)

Ventilador del condensador

Tipo : Propeller de manejo directo con descarga horizontal de aire.

numero : 1
 diametro : 24 pulgadas
 potencia : 3/4 HP
 velocidad : 1110 rpm
 desplazamiento : 4600 CFM

Datos electricos

230 voltios / 1 Ø 22,1 Amperios
 208-230 voltios / 3 Ø 15,9 Amperios

Unidad evaporadora

Especificacion del modelo : RLC 200 D

Ventilador del evaporador

Desplazamiento : 2356 CFM
 numero : 4
 diametro : 10 pulgadas
 voltaje : 110 voltios / 1 Ø
 corriente : 6,4 Amperios

De acuerdo a estos datos podemos decir que la potencia aproximada del equipo es de 6,35 KW, suponiendo condensador trifásico y evaporador monofásico.

Una vez obtenida la potencia, podemos plantear el consumo hipotético en terminos de semejanza

de trabajo, es decir 4.368 horas (I / 1986) , lo cual nos daría un valor de 27.736,8 KWH , y nos permite un ahorro de S/. 85.736,14 en un semestre y con carácter creciente de acuerdo al incremento del costo de energía eléctrica.

CAPITULO IV

EVALUACION SISTEMATICA DE LA ILUMINACION

La evaluación sobre los sistemas de iluminación es de marcada importancia para aspectos tales como la eficiencia de operación de la planta y un mantenimiento aceptable de los niveles de productividad.

De acuerdo con la inspección realizada en la evaluación preliminar (Capitulo I), se observó la importancia de un estudio un poco mas exhaustivo , basandose en la proporción de consumo energético. Se llevo a analizar la posibilidad de que los resultados de este estudio (a realizarse) no vislumbre aspectos de ahorro energético, por cuanto preliminarmente se habia anotado la falta de calidad y cantidad de iluminación; ante esta incognita se recordo que los sistemas que consumen la menor cantidad de energía, no necesariamente son los mas efectivos.

En consecuencia lo que se pretende es buscar eficiencia mediante la combinación de buenos

niveles de iluminación con sus respectivos consumos energéticos, y el aspecto conservativo radica entonces en el termino " productividad " el cual relaciona directamente el incremento de niveles de iluminación con un aumento de la productividad de los trabajadores y empleados.

4.1. ANALISIS DEL SISTEMA ACTUAL

Para analizar la eficiencia del sistema de iluminación existente y que este pueda ser significativamente mejorado, se ha seguido una serie de procedimientos.

EL PRIMER PROCEDIMIENTO fue chequear las facilidades de operación de la empresa (ver Tabla 1 , Apendice D), no fue satisfactorio encontrar muchos períodos de tiempo, durante la semana de trabajo , en el que se ha mantenido niveles altos de iluminación , como aquellos disponibles para la limpieza; en los cuales equivocadamente se procede al mantener, durante una o dos horas adicionales al correspondiente de la jornada de trabajo, el encendido general de las oficinas.

Mas adelante se evaluará el efecto energético de esta acción.

EL SEGUNDO PROCEDIMIENTO de la evaluación de la planta fue un reconocimiento o inspeccion física de los dispositivos de iluminación, para determinar las condiciones de estas. Lámparas sucias y viejos bulbos cercanos al fin de su vida útil, son condiciones que se encontraron y que ha contribuído a reducir la eficiencia del sistema de iluminación.

Parte de esta inspección tambien se dedico al chequeo de la condición de las paredes del edificio y techos, ya que las paredes sucias o pinturas oscuras reducen la cantidad de luz reflejada y fuerzan al sistema a trabajar duramente para alcanzar un nivel dado de iluminación; bajo este aspecto se resalta el bajo efecto de las planchas translúcidas (color amarillo) ubicadas en el techo de la planta, cuyo objetivo es brindar una iluminación natural de tipo general; el escaso efecto de éstas, se debe principalmente a su color

puesto que tiende mas a oscurecer el ambiente.

Una vez que estos pasos fueron completados, se procedio a medir los niveles de iluminación en todas las areas. Cabe mencionar que esta medicion fue ejecutada con la ayuda de un dispositivo llamado fotómetro , el cual esta basado en el efecto fotoeléctrico, por el cual, la intensidad de ciertas longitudes de onda de luz, al actuar sobre ciertos materiales, causa la generacion de un voltaje que es proporcional a la intensidad de luz.

Posteriormente , estos niveles se compararon con los mínimos establecidos (1); el detalle de esta confrontación se observa en el Cuadro 4.1.

(1) ver Tabla 1 , Apendice C

CUADRO 4.1.

COMPARACION ENTRE LOS NIVELES DE
ILUMINACION MEDIDOS Y MINIMOS ESTABLECIDOS

Lugar	Nivel medido (lux)	Nivel minimo recomendado (lux)
OPERACIONES		
1.- Director	592	900
2.- Secretaria	280	700
3.- Gerente de Ingenieria	592	750
4.- Gerente de Materiales	592	750
5.- Jefe de Mantenimiento	484	750
6.- Planificacion y compras	430	750
7.- Produccion	495	750
8.- Agente de Compras	301-430	750
9.- Auxiliar de Importaciones	452	750
10.- Secretaria de Materiales	377	700
11.- Supervisor de Importaciones	441-753	750
12.- Auxiliar de Importaciones	592-807	700
13.- Xerox	409-700	750
14.- Exhibidor	377	400
15.- Sala de Conferecias	592-817	750
16.- Sala de Proyectos	495	750
17.- Dibujante	215	1000
18.- Coordinador	430	750

CUADRO 4.1. (continuacion)

Lugar	Nivel medido (lux)	Nivel minimo recomendado (lux)
RELACIONES INDUSTRIALES		
19.- Director	646-860	750
20.- Secretaria	700	700
21.- Supervisor	807-860	750
22.- Nomina	700-753	750
23.- Seguridad Industrial	592-645	750
24.- Cooperativa	538	700
25.- Recepcion	592-2690	400
26.- Servicio Social	538	700
27.- Enfermeria	538	750
28.- Consultorio Medico	1076-1291	1100
29.- Cafeteria	162-323	540
30.- Cocina	538-968	700
31.- Oficina de Cocina	140	540
DIRECCION GENERAL		
32.- Director	1023	900
33.- Secretaria	344-538	750
34.- Sala de Sesiones	807-968	800
FINANZAS		
35.- Director	861	900
36.- Secretaria	301-409	700
37.- Gerente Financiero	592-861	750
38.- Credito y Cobranzas	700	750
39.- Gerente de Contabilidad	430	750
40.- Sala de micro	538-807	1000

CUADRO 4.1. (continuacion)

Lugar	Nivel medido (lux)	Nivel minimo recomendado (lux)
41.- Caja	753	750
42.- Archivo	430	540
43.- Contabilidad de costos	1183	750
44.- Contabilidad Financiera	323-430	750
45.- Sala de Programacion	409-430	750
46.- Jefe de Computacion	807	750
47.- Sala del Computador	323	700
CONTROL DE CALIDAD		
48.- Director	538	800
49.- Secretaria	538	700
50.- Oficina 1	495	750
51.- Oficina 2	538-645	1100
52.- Oficina 3	645-700	1100
53.- Oficina 4	430	1100
PROFESIONAL		
54.- Director	700	800
55.- Gerente	592	800
CONSUMO		
56.- Director	645	800
57.- Secretaria	538-645	700
58.- Oficina 1	484-753	750
59.- Oficina 2	807	750
60.- Oficina 3	645-807	750
61.- Oficina 4	495	750
FARMACIA		
62.- Director	645	800

CUADRO 4.1. (continuacion)

Lugar	Nivel medido (lux)	Nivel minimo recomendado (lux)
63.- Secretaria	700-753	800
64.- Oficina 1	484-753	750
65.- Oficina 2	484-700	750
66.- Oficina 3	592-860	750
67.- Oficina 4	592	750
PLANTA INDUSTRIAL		
68.- Bodega de Herramientas	161-301	270
69.- Llenado de Talco	861	540
70.- Mezclado de Talcó	700	320
71.- Bodega de pulpa	70-82	160
72.- Cuarentena	484	110
73.- Panales 1	173-215	500
74.- Empaque de panales 1	161	500
75.- Panales 2	97-172	500
76.- Empaque de panales 2	118	500
77.- Carefree	75-130	500
78.- Empaque de carefree	161-172	500
79.- Toallas 1	194-215	500
80.- Empaque de toallas 1	215	500
81.- Toallas 2	194-215	500
82.- Empaque de toallas 2	204	500
83.- Toallas 3	183-226	500
84.- Empaque de Toallas 3	215-260	500

Del cuadro anterior deducimos claramente que en el área de planta existen niveles reducidos de iluminación.

Por otra parte en las oficinas, cierto número de ellas se encuentra con un nivel aceptable, mientras que otras presentan características reducidas.

Es de mencionarse que los resultados de esta inspección nos van a proveer las bases para recomendaciones sobre cambios en el sistema de iluminación.

EL TERCER PROCEDIMIENTO fue realizar cálculos de consumo eléctrico para permitir puntualizar posteriormente su incidencia en el diseño.

El consumo eléctrico por iluminación ha sido calculado en base a tareas productivas y no productivas.

Tareas productivas

Considerando como base de cálculo el primer semestre de 1986, y bajo las siguientes acotaciones :

Días laborables 127

Sabados	.....	26
Domingos	.....	26
Ferriados	.....	3

Anotando ademas que los datos reunidos anteriormente en la evaluaci3n preliminar , han sido usados para calcular la carga total de iluminaci3n y el consumo semestral de energfa.

Para calcular la carga por iluminaci3n, se aplica la siguiente f3rmula :

$$Q = \frac{L \cdot [(D \cdot V) + (B \cdot C)]}{1000}$$

donde :

- Q = carga de iluminaci3n , Kw
- L = N3mero de luminarias
- D = N3mero de lamparas por luminaria
- V = Vatios por l3mpara
- B = Balastos por dispositivo
- C = Vatios por balasto

Para calcular el consumo semestral de energfa se aplica la siguiente f3rmula:

$$\text{Consumo (KWH)} = \begin{array}{l} \text{Carga total de iluminaci3n} \\ \times \text{ Horas semestrales} \\ \times \text{ Factor de diversificaci3n} \end{array}$$

A.- OFICINAS

- día ordinario 8h00 a 16h30

- Potencia del sector:

171 Luminarias

4	<u>Lámparas</u> luminaria	;	40	<u>watios</u> lámpara
2	<u>Balastos</u> luminaria	;	8	<u>watios</u> balastro

$$Q_1 = 30,096 \text{ KW}$$

120 Luminarias

2	<u>Lámparas</u> luminaria	;	40	<u>watios</u> lámpara
2	<u>Balastos</u> luminaria	;	8	<u>watios</u> balastro

$$Q_2 = 11,52 \text{ KW}$$

$$\text{Carga total} = 41,616 \text{ KW}$$

- Horas semestrales a esta potencia:

$$(127 \text{ días}) (8,5 \text{ horas/día}) = 1.079,5 \text{ horas}$$

- Consumo semestral

$$\text{Carga total} = 41,616 \text{ KW}$$

$$\text{Horas semestrales} = 1.079,5 \text{ horas}$$

$$\text{Factor de diversificación} = 0,7$$

$$\text{Consumo} = 31.447,1 \text{ KWH}$$

B.- PLANTA

- día ordinario ... (Determinado por producción)

- Potencia del sector:

34 Luminarias

4	<u>Lámparas</u> luminaria	;	110	<u>vattios</u> lámpara
1	<u>Balastos</u> luminaria	;	33	<u>vattios</u> balastro

$$Q_1 = 8,602 \text{ KW}$$

12 Luminarias

2	<u>Lámparas</u> luminaria	;	110	<u>vattios</u> lámpara
1	<u>Balastos</u> luminaria	;	33	<u>vattios</u> balastro

$$Q_2 = 2,112 \text{ KW}$$

$$\text{Carga total} = 10,714 \text{ KW}$$

- Horas semestrales a esta potencia:

$$1.440 \text{ horas (1)}$$

- Consumo semestral

$$\text{Carga total} = 10,714 \text{ KW}$$

$$\text{Horas semestrales} = 1.440 \text{ horas}$$

$$\text{Factor de diversificación} = 0,8$$

$$\text{Consumo} = 12.342,53 \text{ KWH}$$

(1) Dato tomado de producción

C.- FARMACIA (laboratorio)

- día ordinario ... (Determinado por producción)

- Potencia del sector:

65 Luminarias

4 <u>Lámparas</u> luminaria	;	40 <u>watios</u> lámpara
2 <u>Balastos</u> luminaria	;	8 <u>watios</u> balastro

$$Q_1 = 11,44 \text{ KW}$$

30 Luminarias

2 <u>Lámparas</u> luminaria	;	40 <u>watios</u> lámpara
2 <u>Balastos</u> luminaria	;	8 <u>watios</u> balastro

$$Q_2 = 2,880 \text{ KW}$$

$$\text{Carga total} = 14,32 \text{ KW}$$

- Horas semestrales a esta potencia:

$$1.070 \text{ horas (1)}$$

- Consumo semestral

$$\text{Carga total} = 14,32 \text{ KW}$$

$$\text{Horas semestrales} = 1.070 \text{ horas}$$

$$\text{Factor de diversificación} = 0,55$$

$$\text{Consumo} = 8.427,3 \text{ KWH}$$

(1) Dato tomado de producción

D.- BODEGA

- día ordinario 7h30 a 16h00

- Potencia del sector:

40 Luminarias

4 <u>Lámparas</u>	;	40 <u>váticos</u>
luminaria		lámpara
2 <u>Balastos</u>	;	8 <u>váticos</u>
luminaria		balastro

$$Q_1 = 7,04 \text{ KW}$$

71 Luminarias

2 <u>Lámparas</u>	;	40 <u>váticos</u>
luminaria		lámpara
2 <u>Balastos</u>	;	8 <u>váticos</u>
luminaria		balastro

$$Q_2 = 6,816 \text{ KW}$$

$$\text{Carga total} = 13,856 \text{ KW}$$

- Horas semestrales a esta potencia:

$$(127 \text{ días}) (8,5 \text{ horas/día}) = 1.079,5 \text{ horas}$$

- Consumo semestral

$$\text{Carga total} = 13,856 \text{ KW}$$

$$\text{Horas semestrales} = 1.079,5 \text{ horas}$$

$$\text{Factor de diversificación} = 0,5$$

$$\text{Consumo} = 7.478,8 \text{ KWH}$$

Tareas no productivas.-

E.- LIMPIEZA DE OFICINAS

- Día ordinario 16h30 a 23h00

- Potencia del sector:

(igual a la potencia de las oficinas)

$$Q_1 = 41,62 \text{ KW}$$

- Horas semestrales a esta potencia:

La limpieza se efectúa, desde las 16h30 hasta las 17h45, con casi la totalidad de las oficinas encendidas.

$$(127 \text{ días}) \left(\frac{1,25 \text{ horas}}{\text{día}} \right) = 158,75 \text{ horas}$$

Posteriormente, desde las 17h45 en adelante, se realiza iluminando el área conforme se progresa en la limpieza.

$$(127 \text{ días}) \left(\frac{15 \text{ minutos}}{\text{día}} \right) \left(\frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} \right) = 31,75 \text{ horas}$$

- Consumo semestral

$$\text{Carga total} = 41,62 \text{ KW}$$

$$\text{Horas semestrales} = 190,5 \text{ horas}$$

$$\text{Factor de diversificación} = 0,8$$

$$\text{Consumo} = 6.342,9 \text{ KWH}$$

Es de mencionarse que el factor de

diversificación es un valor que representa, el tiempo porcentual que el dispositivo está siendo usado plenamente.

Por otra parte, el consumo de energía eléctrica por alumbrado se resume en el siguiente cuadro.

CUADRO 4.2.

POTENCIA Y CONSUMO DE ENERGIA
 DEL SISTEMA DE ILUMINACION
 (I / 1986)

Lugar	Potencia (KW)	Energia consumida (KWH)
Oficinas	41,62	31.447,1
Planta	10,71	12.342,5
Farmacia	14,32	8.427,3
Bodega	13,86	7.478,8
Limpieza	41,62	6.342,9
	TOTAL ...	66.038,6

Del cuadro 4.2. observamos que el consumo de energía eléctrica por iluminación (I / 1986) represento el 10,14 % de l consumo global de energía de Johnson & Johnson.

4.2. PERSPECTIVAS DE CONSERVACION ENERGETICA

Anteriormente habiamos mencionado el termino " productividad " y su relación con los niveles de iluminación.

Estudios han mostrado que los efectos de la iluminación sobre el rendimiento de los trabajadores es un aspecto conservativo; pues la experiencia ha demostrado que tener bajos niveles de iluminación puede resultar mas caro que tenerlos en exceso.

De hecho mencionamos esta relacion de acuerdo a una experiencia realizada en Washington D.C. , en la Social Security Administration (1) , la cual consistió en reducir los niveles de iluminación en un

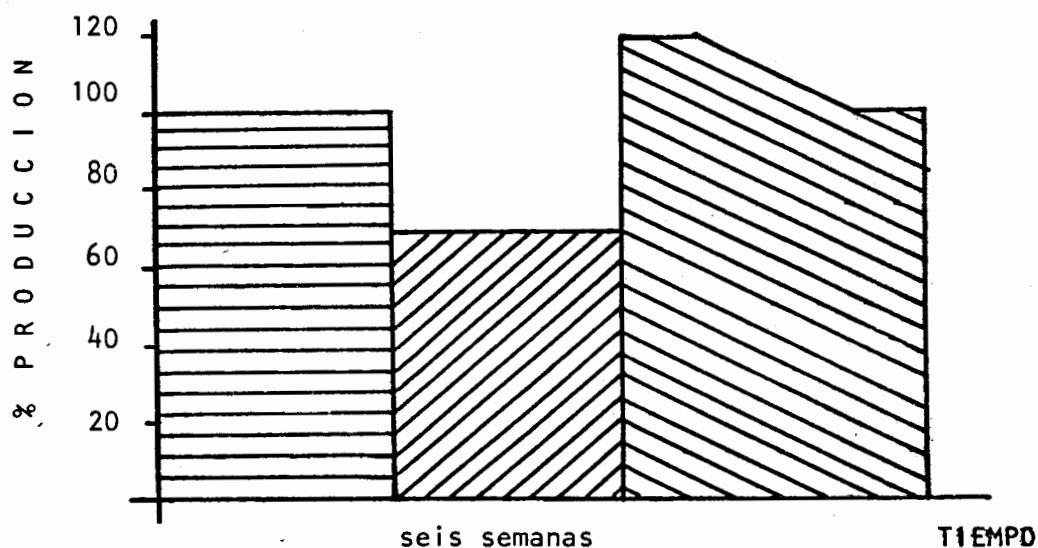
(1) ver Bibliografia ,referencia 7

50% quitando lamparas; durante seis semanas de operación a nivel reducido, se registro una disminucion de la productividad en un orden del 30% . Cuando las lamparas se volvieron a poner en su lugar, la produccion volvio a su nivel original, tal como se muestra en la Figura 4.1.

FIGURA 4.1.

ILUMINACION vs PORCENTAJE DE PRODUCTIVIDAD

(Social Security Administration)



De esta forma queremos recalcar que la eficiencia lograda en los sistemas de iluminación, de por si es un efecto conservacionista.

Una de las maneras de buscar eficiencia son los buenos diseños , y teniendo presente que una efectiva iluminación debe tener :

- 1.- la correcta cantidad de iluminación
- 2.- Donde es necesitada
- 3.- Cuando es necesitada

Porque ? , pues porque se desperdicia dinero y energía cuando.....

- 1.- Tenemos demasiada (o muy poca) iluminación para nuestra tarea,
- 2.- Tenemos iluminación donde no es necesitada
- 3.- Tenemos iluminación cuando no es necesitada

Es así, que un buen diseño o cálculo de alumbrado interior ha sido ejecutado para la planta, por el método del rendimiento de la iluminación (1), donde se ha evidenciado deficiencia en los niveles de iluminación.

(1) ver procedimiento en apendice C

CUADRO 4.3.

**INFORMACION GENERAL PARA EL
CALCULO DE ILUMINACION**

Compania : Johnson & Johnson del Ecuador S.A.
 Area a iluminarse : Planta Industrial
 Nivel de diseno en iluminacion : 500 Lux
 Fecha : Noviembre 12 de 1986

DESCRIPCION DE AREA Y LUMINARIAS

Dimensiones

Sector # 1 :

Longitud del local a = 30,3 metros
 Anchura del local b = 18,7 metros

Sector # 2 :

Longitud del local a' = 17,3 metros
 Anchura del local b' = 9,4 metros

Caracteristicas Generales

Altura del local H = 7,75 metros
 Altura del plano
 de trabajo e = 1,50 metros

Color del techo : Gris claro
 Color de las paredes : Blancas con verde claro
 Color del suelo : Gris oscuro
 Tipo de luminaria : Semi-intensiva con reflector
 sin laminas transversales.

Numero y tipo de
 lamparas : 2 lamparas Philips de alto
 rendimiento F96T12/D/HO Daylight
 Lumens/lampara : 7800

En la página anterior presentamos el Cuadro 4.3. que es la información general para el cálculo.

Mencionamos la justificación de la existencia de dos sectores para la planta, ya que las formulas y calculos se basan específicamente en espacios físicos rectangulares.

CÁLCULOS : (sector # 1)

- Índice del local

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a + b)} = 3,67$$

- Factores de reflexión, (según tabla 2 ,
Apendice C)

$$\text{Techo} \quad f_1 = 0,5$$

$$\text{Paredes} \quad f_2 = 0,5$$

$$\text{Suelo} \quad f_3 = 0,1$$

- Rendimiento del local, (según tabla 3)

$$\eta_r = 0,937 \quad , \quad \text{interpolando entre} \\ K= 3 \text{ y } K=4$$

- Rendimiento de la luminaria

$$\eta_l = 0,86 \quad (\text{dato facilitado por} \\ \text{el fabricante})$$

- Rendimiento de iluminación

$$\eta = \eta_r \cdot \eta_l = (0,937) (0,86) = 0,81$$

- Factor de conservación

$$f_c = 0,55 \quad (\text{mala conservación})$$

- Flujo luminoso total necesario

$$\phi_t = \frac{E_m \cdot S}{\eta \cdot f_c} = \frac{(500) \cdot (566,6)}{(0,81) (0,55)}$$

$$\phi_t = 635.914,7 \text{ lumens}$$

- Numero de puntos de luz respectivamente de luminarias

$$N = \phi_t / \phi_l$$

$$N = \frac{635.914,7}{(7.800)(2)} = 40,76$$

tomanos 40 para su mejor distribución

- Altura minima

$$h = \frac{2}{3} h' = 4,17 \text{ metros}$$

donde h' es la altura sobre el plano de trabajo y el techo

- Distribución de los puntos de luz para luminarias con distribución semi-intensiva o semi-extensiva.

$$d \leq 1,2 h$$

$$d \leq 5,0 \text{ metros}$$

CÁLCULOS : (Sector # 2)

Estos cálculos se realizan bajo el mismo procedimiento que para el sector # 1.

En el Cuadro 4.4. detallamos los resultados del cálculo de iluminación para ambos sectores.

CUADRO 4.4.

RESULTADOS DEL CÁLCULO
DE ILUMINACION

	Sector # 1	Sector # 2
- Índice del local, K	3,67	0,98
- Factores de reflexion		
Techo, ρ_1	0,50	0,50
Paredes, ρ_2	0,50	0,50
Suelo, ρ_3	0,10	0,10
- Rendimiento del local, η_r	0,937	0,639
- Rendimiento de luminaria, η_l	0,86	0,86
- Rendimiento de iluminacion,	0,81	0,81
- Factor de conservacion f_c	0,55	0,55
- Flujo luminoso total necesario, ϕ_m	635.915,0	268.794,0
- Numero de puntos de luz, N	40	17
- Altura mínima	4,17	4,17

Los resultados del cálculo de iluminación para la planta industrial, muestran que con lámparas F96T12/D/H0 ; Daylight ; 110 voltios y 7.800 lumens, el número de luminarias calculadas es de 58 (cincuenta y ocho) , pero actualmente existen 34 (treinta y cuatro) luminarias con lámparas de ese tipo, lo que implica y nos lleva al bajo nivel de iluminación existente.

Con el objeto de establecer una mejor iluminación del sector se recomienda el estudio de tres posibilidades:

La primera radica en la posibilidad de reemplazar las ya existentes planchas translúcidas amarillas, ubicadas en el techo, a otras de color blanco; esto nos brindaría como resultado una mejor iluminación de la planta, así como con toda seguridad la medida reeditaría en la disminución del consumo eléctrico, por cuanto en ciertos sectores no habría la necesidad de encender las lámparas.

Segun nuestro estudio, la inversión para la ejecución de esta alternativa seria:

Inversión :

- 80 planchas translúcidas transparentes	...	S/. 280.000,00
- mano de obra	...	<u>S/. 20.000,00</u>
Total inversion		S/. 300.000,00

Ahorro energético estimado :

Se estima que un 45 % de las luminarias dejarían de funcionar en casi la totalidad del primer turno (en las mananas)

- Carga total de planta = 10,714 KW
- 45 % de carga total = 4,82 KW

Dea acuerdo a las horas semestrales de trabajo (I / 1986) estimamos que un 40 % de estas se enmarcarían bajo un potencial de ahorro.

- Total horas semestrales = 1440 horas
- 40 % del total = 576 horas

$$\text{Ahorro energético} = 2.776,3 \text{ KWH}$$

Ahorro económico estimado

- Energía estimada = 2.776,3 KWH
- Costo del KWH = 6,7 sucres
KWH

$$\text{Ahorro económico} = \text{S/}. 18.601,21 \text{ semestrales}$$

Observamos , que el ahorro económico es infimo comparado con la inversión inicial, pero hemos de mencionar que no se ha considerado el ahorro producto de un aumento de productividad, puesto que cae dentro de unos parámetros un tanto impredecibles.

En fin, el proyecto de reemplazo de planchas translucidas es técnicamente factible, pero económicamente relativo y depende exclusivamente del tipo de decisiones sobre gastos de capital.

La segunda posibilidad consiste en renovar totalmente el tipo de lampara

F96T12/D/H0 con 7.800 lumens, a otra lampara de mejor rendimiento denominada F96T12/CW/H0 de 9.200 lumens, con la cual disminuiríamos el número calculado de luminarias a cincuenta (50). (treinta y cinco para el sector # 1 y quince para el sector # 2) .

Actualmente existen treinta y cuatro (34) luminarias, las cuales, en la posibilidad que se efectúe una renovación, deberán ser

reubicadas, así como también se adquiriría la diferencia faltante de luminarias.

El costo del tipo de lámpara F96T12/CW/HO es igual que la del tipo F96T12/D/HO, el problema actual consiste en la ligereza con que se toma la selección y compra de estos dispositivos, es decir sin ningún respaldo técnico.

De acuerdo a nuestro estudio, la inversión para esta alternativa sería:

Inversión :

- 16 luminarias	....	S/. 40.000
- 16 balastos	....	S/. 114.000
- 100 lámparas tipo F96T12/CW/HO	....	S/. 126.000
- mano de obra	....	S/. 8.000
Total inversión		S/. 288.000

Ahorro económico

Obviamente, el incrementar el número de luminarias y lámparas conllevará un incremento del consumo eléctrico, el cual tendrá como características la eficiencia y rentabilidad en cuanto a la productividad se refiere.

En la tercera posibilidad no se trata de introducir cambios drásticos al sistema,

tales como la reubicación de luminarias, si no mas bien del aumentar la eficiencia de las ya existentes mediante la implementación de un tipo de lámpara que sea económica y de alta eficiencia.

Este tipo es la denominada F96T12/CW/HO/EW en 8.300 lumens, la cual es de menor costo que las mencionadas anteriormente y además su potencia es de 95 vatios (sin balastro). Es decir, que el proyecto se podría resumir así:

Inversión :

- 68 lamparas tipo F96T12/CW/HO/EW	..... S/. 74.800
- mano de obra	..... S/. 4.000
Total inversión	S/. 78.800

Ahorro energético

Este viene dado mediante la confrontación de ambos tipos de lámparas.

Lampara F96T12/D/HO

Potencia : 110 vatios / lampara
33 vatios / balastro

En 34 luminarias su potencia calculada es de 8,6 KW

Lampara F96T12/CW/HO/EW

Potencia : 95 vatios / lampara
33 vatios / balastro

En 34 luminarias su potencia calculada es de 7,58 KW

Por tanto el ahorro, mediante la implementación del nuevo tipo de lámpara es de 1,02 KW en potencia, y bajo un periodo de trabajo de 1.440 horas (I / 1986) nos da un ahorro energético de 1.468,8 KWH semestral

Ahorro económico

- Ahorro energético ... 1.468,8 KWH
- Costo del KWH ... 6,7 sucres
KWH

Ahorro económico = S/. 9.840,9 semestral.

Ademas del ya entendido ahorro por el incremento de productividad.

Como hemos observado, la mayoría de los proyectos no son en apariencia una operación redituable, ya que no estamos cuantificando el ahorro producto del incremento de productividad.

Una perspectiva adicional de conservación energética radica en desconectar los balastos de las lámparas que han sido removidas por recomendaciones en cuanto a

excesivos niveles de iluminación.

El efecto económico, a pesar de ser mínimo, deberá ser considerado como un aspecto técnico en el programa de conservación.

Actualmente en las oficinas y la bodega general existen luminarias incompletas, es decir que poseen dos (2) lamparas / luminarias en vez de cuatro (4) y dos (2) balastos /luminaria en vez de uno.

El ahorro energético y económico de la desconexión de estos dispositivos es :

En oficinas

$$\begin{array}{r}
 120 \text{ luminarias incompletas} \\
 \times \quad 1 \text{ balastro / luminaria} \\
 \times \quad 8 \text{ vatios / balastro} \\
 = \quad 0,960 \text{ KW}
 \end{array}$$

- Consumo semestral

$$\text{Carga total} = 0,96 \text{ KW}$$

$$\text{Horas semestrales} = 1.079,5 \text{ horas (I/1986)}$$

$$\text{Factor de diversificación} = 0,7$$

$$\text{Consumo} = 725,42 \text{ KWH}$$

En bodega

$$\begin{array}{r}
 70 \text{ luminarias incompletas} \\
 \times \quad 1 \text{ balastro / luminaria} \\
 \times \quad 8 \text{ vatios / balastro} \\
 = \quad 0,56 \text{ KW}
 \end{array}$$

- Consumo semestral

Carga total = 0,56 KW

Horas semestrales = 1.079,5 horas (I/1986)

Factor de diversificación = 0,6

Consumo = 362,7 KWH

En Farmacia

30 luminarias incompletas
 x 1 balastro / luminaria
 x 8 vatios / balastro
 = 0,24 KW

- Consumo semestral

Carga total = 0,24 KW

Horas semestrales = 1.070 horas (I/1986)

Factor de diversificación = 0,55

Consumo = 141,24 KWH

- Ahorro energetico global = 1.229,4 KWH

- Costo del KWH = 6,7 sucres/KWH

Ahorro económico por
 desconexión de
 balastros sin uso = S/. 8.236,7

CAPITULO V

EVALUACION DE LOS FACTORES DE CARGA Y POTENCIA

5.1. ANALISIS DEL FACTOR DE POTENCIA

Principios básicos sobre factor de potencia.- La mayoría de los consumidores eléctricos no solo piden potencia activa sino también potencia reactiva, que por ejemplo, en el caso de los motores se requiere para la magnetización.

El transporte de potencia reactiva es antieconómico puesto que no puede ser transformada en energía utilizable. Los principios básicos de la corrección y compensación del mismo en equipos de potencia alimentados por convertidores se tratan a continuación.

Para la generación y distribución de potencia eléctrica se requieren generadores, líneas de transmisión, cables, transformadores e instalaciones de conexión. Adicionalmente a la potencia

activa se debe generar y distribuir potencia reactiva.

Esto es antieconómico y cuanto menos potencia reactiva consume una planta, es decir, cuanto mayor sea su factor de potencia, menor serán los costes de energía para la misma. La carga de un sistema de distribución se puede reducir instalando condensadores para corregir el factor de potencia en las cercanías de las cargas en el sistema de baja tensión, puesto que los condensadores suministran la potencia reactiva necesaria, que no ha de ser suministrada por la red.

Las pérdidas de transmisión son inferiores, los costos de la energía se reducen y se evitan ampliaciones costosas del sistema de distribución puesto que la instalación existente puede transmitir mayor cantidad de potencia activa.

Determinación del factor de potencia.- el factor de potencia es un término que se aplica solo a circuitos de corriente alterna. En estos sistemas, el factor de

potencia se define como el Coseno del ángulo de fase que existe entre el voltaje aplicado a un circuito y la corriente que fluye a través del circuito. De tal manera que el factor de potencia es un número cuyos valores están limitados de menos uno a más uno. La relación entre el voltaje y la corriente de cualquier carga dada puede expresarse por la siguiente relación :

$$\text{Factor de potencia} = \frac{\text{Potencia útil}}{\text{Potencia magnetizante}} = \text{Cos } \phi$$

La potencia magnetizante o aparente no contribuye a la potencia activa y es puramente reactiva. Por tanto, cualquier instrumento o equipo electromagnético que recibe excitación para su circuito magnético por medio de un sistema de corriente alterna, tendrá un factor de potencia retrasado. Dicha potencia reactiva retrasada no es completamente inútil, ya que establece el flujo de trabajo mientras que la potencia útil suministra la energía de pérdidas y la potencia de trabajo.

Una gran proporción de la maquinaria eléctrica utilizada en esta industria posee inherentemente un factor de potencia bajo, lo cual significaba (antes de instalar los capacitores) que la compañía que presta servicio eléctrico (EMELGUR) tenía que generar mucha mas corriente de la que se requería en teoría . Adicionalmente, el sistema de distribución (líneas y transformadores) eran los que acarreaban esta carga adicional.

Cuando el factor global de potencia de la carga aplicada a una estación generadora es bajo, el sistema es ineficiente y el costo de la electricidad se torna correspondientemente alto.

Para contrarrestar esto y al mismo tiempo asegurar que los generadores y las líneas no se sobrecarguen con corriente reactiva, es práctica común de las empresas de servicio eléctrico el imponer terminos de cobro penalizados por un factor bajo.

De acuerdo a una convención aceptada, si la onda de voltaje precede la onda de

corriente el factor de potencia se considera retrasado y el circuito se considera Inductivo. Cuando la corriente precede al voltaje, el factor de potencia esta adelantado y el circuito se considera capacitivo. Un factor de potencia unitario, que se da cuando las sinusoides de voltaje y corriente se encuentran en fase , ocurre para circuitos puramente resistivos. (ver figura 5.1.)

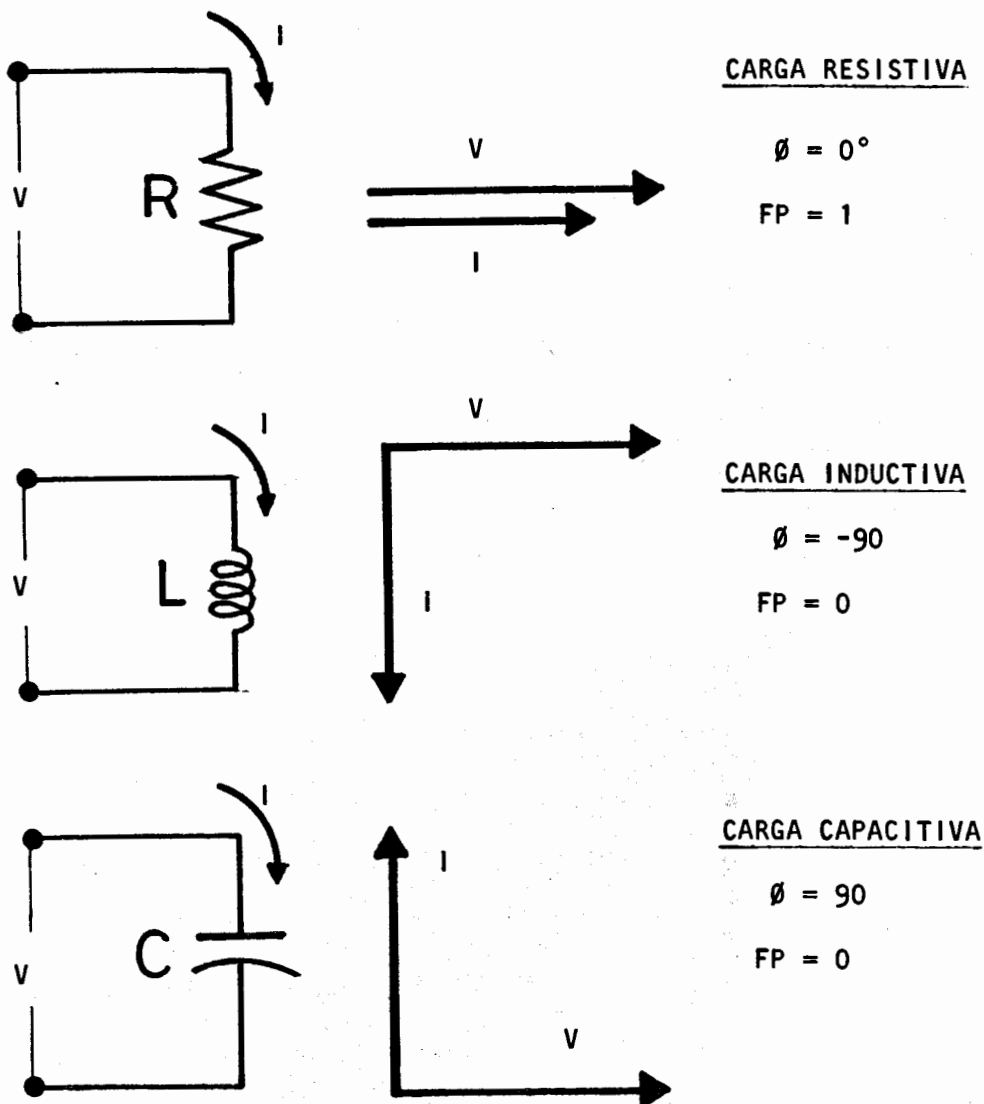
La mayor parte de los equipos eléctricos industriales y comerciales presentan una carga inductiva , haciendo por tanto que los esfuerzos se dirijan hacia llevar estos factores de potencia a un valor mas cercano a la unidad.

Debido a la naturaleza propia de la maquinaria que se usa para generar corriente alterna, el factor de potencia de los circuitos conectados a las lineas tienen una influencia directa sobre el costo de generación.

Asi mismo, la presencia de factores de potencia desordenadamente bajos requieren

FIGURA 5.1.

DESPLAZAMIENTO DE FASE ENTRE INTENSIDAD
Y TENSION PARA DIFERENTES CARGAS



de sistemas de distribución sobredimensionados. De aquí que el factor de potencia se convierte en un elemento a ser optimizado al tratar de reducir el costo del uso de electricidad.

CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA

Dentro de la estructura del programa interno de administración de energía de Johnson & Johnson del Ecuador, los aspectos económicos que encerraba el establecer la corrección del factor de potencia de la planta fueron tomados en cuenta bajo el excelente criterio de una inversión de dos objetivos:

- 1.- Reducir los costos de electricidad.
- 2.- Aliviar capacidad en transformadores, cables e interruptores.

Como se opera dentro de un sistema de penalización por bajo factor de potencia, una reducción de los costos de electricidad producirán a menudo por si mismos un suficiente retorno de la inversión, lo mismo que la liberación de la capacidad de transformadores, líneas y paneles de

encendido. Como ambos objetivos fueron considerados importantes, se elaboró un buen caso para corrección del factor de potencia.

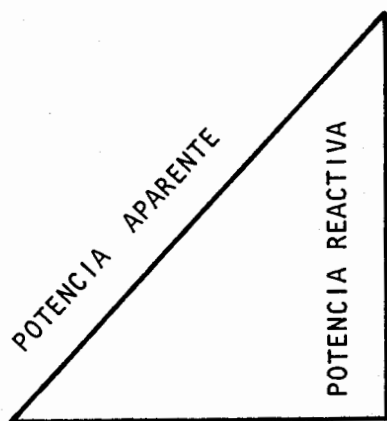
El primer paso en el diseño de un esquema para el factor de potencia consistió en obtener detalles exactos de las condiciones de carga, con valores de KW y KVA, para niveles moderados, promedios y plenos de carga.

Cálculo del tamaño del condensador eléctrico.-

Al haberse establecido que el valor de factor de potencia deseado debería ser mayor de 0,9 con el propósito de sobrepasar el límite penalizado y conocidas las condiciones de carga en ese entonces se accedio a la siguiente metodología, de acuerdo a la Figura 5.2. dada en la siguiente página .

FIGURA 5.2.

RELACIONES DE VECTORES EN SISTEMAS
DE POTENCIA DE CORRIENTE ALTERNA

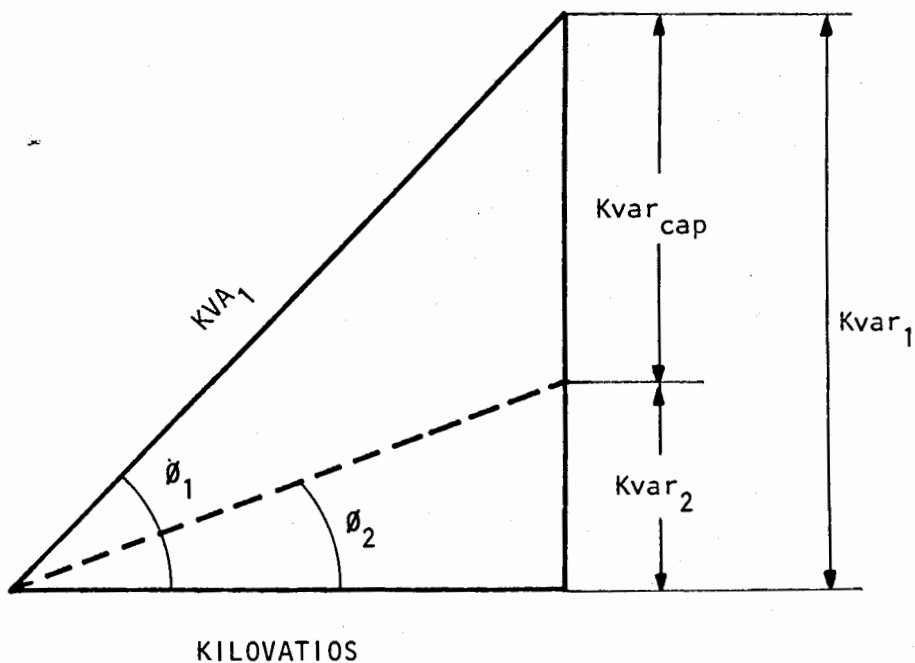


POTENCIA ACTIVA

P. Aparente:
 $(KV)(I) = KVA$

P. Activa:
 $(KV)(I)(\cos\phi) = KW$

P. Reactiva:
 $(KV)(I)(\sin\phi) = KVA$



del cuadro 5.2. denotamos que :

- KVA_1 : Potencia aparente actual
 KVA_2 : Potencia aparente requerida
 $KVAR_{cap}$: Capacidad del condensador
 $KVAR_1$: Potencia reactiva actual
 $KVAR_2$: Potencia reactiva rquerida
 KW : Cargas en Kilovattios
 ϕ_1 : Angulo actual de desfase
 (retraso)
 ϕ_2 : Angulo de fase que se desea

FORMULAS

$$\begin{aligned}
 KVAR_1 &= KW \operatorname{tag} \phi_1 \\
 KVAR_2 &= KW \operatorname{tag} \phi_2 \\
 KVAR_{cap} &= KVAR_1 - KVAR_2 \\
 KVAR_{cap} &= KW (\operatorname{tag} \phi_1 - \operatorname{tag} \phi_2)
 \end{aligned}$$

Para el caso a analizarse, es decir Johnson & Johnson del Ecuador (1985), se contaba con dos subestaciones a las cuales se les pretendía mejorar el factor de potencia, de acuerdo a los datos del cuadro 5.1. mostrado a continuación :

De acuerdo a los resultados anteriores se sugería adquirir los siguientes bancos de capacitores a los siguientes precios.

Subestación # 1 : 584 KVAR

Tamaño del condensador : 60 KVAR (6 x 10 KVAR)

Costo total : S/. 264.005,4

Subestación # 2 : ~~300~~ KVAR

tamaño del condensador : 100 KVAR (5 x 20 KVAR)

Costo total : S/. 378.855,0

Lo cual incluía la instalación, mano de obra y dirección técnica a un costo aproximado de S/. 642.860,4 (sucres).

La misma que fue aceptada como una inversión satisfactoria y económica bajo el criterio comparativo de planilla eléctrica típica (Julio/85)

En ese entonces :

Cargos de potencia y energia	....	S/. 278.510,4
10% de electricidad rural	....	27.851,0
Impuesto a los Bomberos	....	30,0
TOTAL FACTURADO	....	S/. 306.631,4
factor de potencia = 0,75		

Pero estableciendo el procedimiento de penalización que iba regir desde el mes de

Septiembre de 1985 , la factura hubiera sido: (sin corregir el factor de potencia)

Cargos de potencia y energía	S/. 278.510,4
Penalización: $278.510,4 \times \left(\frac{0,9}{0,75} - 1 \right)$	55.702,1
10% de electricidad rural	33.421,3
Impuestos a los Bomberos	30,0
TOTAL FACTURADO	S/. 367.663,8

Por tanto , el ahorro eventualmente iba ser :

$$\begin{aligned} \text{ahorros} &= \text{Planilla con bajo factor de potencia} - \text{Planilla con factor de potencia corregido} \\ &= 367.663,75 - 306.391,4 \end{aligned}$$

$$\text{ahorros} = \text{S/. } 61.272,35 \quad (\text{ Julio/85 })$$

El cual , bajo una tasa de interés simple obtenía un tiempo de recuperación del capital invertido de :

$$\text{tiempo de recuperación} = \frac{642.860,4 \text{ sucres}}{61.272,4 \text{ sucres/mes}} = 10,5 \text{ meses}$$

Por tanto se consideró que la instalación de estos bancos de capacitores era productiva y se puede decir que a la fecha actual (Dic/86) se ha recuperado la inversión y además se ha generado un ahorro en el orden de S/. 1'192.721,4 (sucres)

5.2. ANALISIS DEL FACTOR DE CARGA

5.2.1. GENERALIDADES

COMENTARIOS.- La intención de este subcapítulo es la de dar algunas ideas y posibles soluciones a problemas básicos con que un Auditor o Planificador Energético se encuentra al iniciar un análisis de Sistemas Energéticos. Del sector eléctrico, que es uno de los dominantes, se ha tomado la filosofía para la explicación e interpretación de los diagramas de carga. Su utilización puede ser muy valiosa en otros campos.

Por ejemplo en una compañía de aviación, la "llenura" de un avión en sus diferentes vuelos es importante, de esta manera, muy fácilmente se puede establecer en que vuelos va el avión con un bajo factor de "carga", (quizas a estas horas se pueda bajar la tarifa) y

en que otros la demanda es muy alta.

Igual razonamiento se puede utilizar en el diseño de líneas de transmisión, tuberías para transportar petróleo, gas, etc. En la compra de bombas para una fábrica, en la expansión del Sistema de transporte, donde el problema puede ser la selección del tamaño de las unidades. Se puede plantear por ejemplo, si es más económico (¿coincidencia?) comprar buses pequeños que siempre vayan llenos, o comprar buses grandes, cuya capacidad no siempre es utilizada, mientras al mismo tiempo se desea dar un buen servicio a los usuarios. Los ejemplos pueden ser muchos y casi siempre existirá el dilema entre lo que es más económico, la tecnología y lo que el consumidor espera. Un compromiso es necesario.

La demanda (aquí, cualquier demanda), tiene que ser satisfecha de la manera mas económica, este criterio esta sujeto a ser "redefinido", de acuerdo al sistema político y económico actual de cada país.

SISTEMAS ENERGETICOS

Las formas de energía que normalmente se utilizan se presentan en forma de calor, electricidad y energía motriz (transporte). En realidad no es la energía en si la que se usa, sino mas bien una cierta cantidad de la misma (KWH) en un determinado momento.

Las necesidades energéticas se satisfacen gracias a que la energía se transforma en la forma deseada y es transportada hasta el consumidor. Los Sistemas Energéticos describen el conjunto de "arreglos técnicos" necesarios para satisfacer la demanda energética a cada instante

en las condiciones mas económicas para la comunidad.

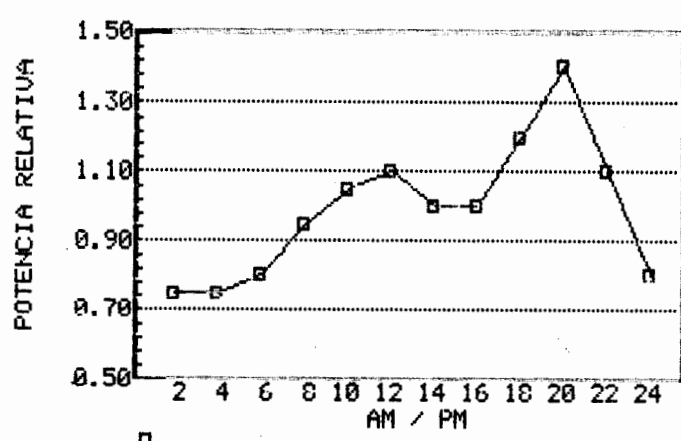
DIAGRAMAS DE CARGA

El mejor ejemplo para entender el mecanismo de constitución y la complicidad de los sistemas energéticos, se tiene en el sistema eléctrico. El agua o combustible se aportan a las centrales hidroeléctricas o termicas, donde se transforman en energia eléctrica que es distribuida a los consumidores por medio de las correspondientes redes. El abastecimiento se realiza dentro de todo el pais siendo en este caso los limites del sistema iguales a los limites nacionales.

Si se considera por ejemplo un sistema eléctrico y se supone que corresponde a Ecuador, las variaciones diarias y horarias de la carga puede ser representada como en las figura a continuación:

FIGURA 5.3.

VARIACIONES CRONOLÓGICAS DE LAS CARGAS



Estos diagramas se denominan diagramas de carga e indican de una manera cronológica y esquemática la distribución de las cargas, durante cada una de las 24 horas del día. El eje de las cargas (vertical) representa la potencia en KW o MW, en este caso se ha escogido que represente la potencia relativa (el

valor de 1 es el valor medio durante el periodo) y en el eje horizontal las 24 horas del día. De la misma manera se puede representar los diagrams mensuales y anuales.

Se puede observar en estos ejemplos que el consumo mínimo se encuentra entre las 11 PM (23 horas) y las 5 AM. Probablemente a estas horas la generación es básicamente la necesaria para cubrir las necesidades de alumbrado público, casas asistenciales y probablemente algo (muy poco) del sector industrial. Las horas de mayor consumo se presentan entre las 6 y las 11 de la noche debido naturalmente al incremento en el sector residencial.

Por último, se observa que entre las 5 de la mañana y las 6 de la tarde hay un constante crecimiento que se explica probablemente por el

incremento de consumo del sector industrial y del sector comercial y del sector público.

En general si las cargas de los diagramas se clasifican de acuerdo al numero de horas en que estas se presentan en el correspondiente periodo de tiempo (en este caso un dia) se obtiene el llamado **Diagrama de duracion de las cargas**

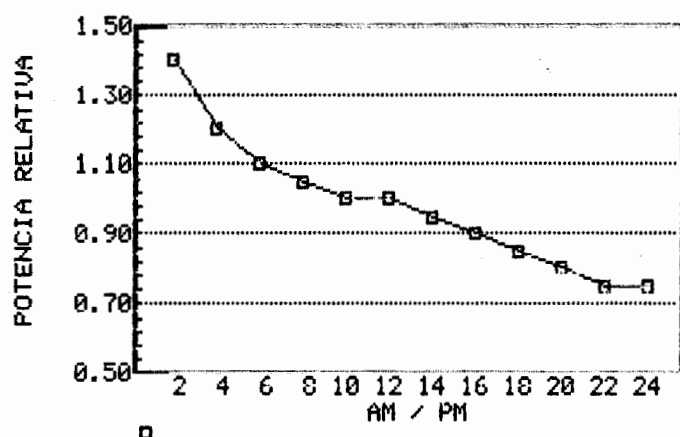
Es importante poner atención que en este caso es eje del tiempo no representa las horas del dia, sino la cantidad de horas que una cierta carga se presenta durante un dia. De el, lo unico que podemos observar es la posibilidad de que una determinada carga sobrepase una cierta capacidad.

Fundamentalmente el Diagrama de duración de carga no es sino un diagrama rearmado de las cargas

de las correspondientes curvas cronológicas, en orden descendiente como se puede ver a continuación en el grafico 5.4.

FIGURA 5.4.

DIAGRAMA DE DURACION DE CARGA



5.2.2. INFLUENCIA DEL FACTOR DE CARGA EN EL COSTO DEL KILOVATIO HORA CONSUMIDO

la factura por energía eléctrica se hace en base a tres elementos sobre

los cuales puede tener control el usuario :

- * DEMANDA MAXIMA
- * CONSUMO
- * FACTOR DE POTENCIA

La Demanda , es la relación entre la cantidad de Energía eléctrica consumida durante un período de tiempo cualquiera y el número de horas del mismo período; o también se la define como el valor de la potencia (KW) instantánea que consume una carga.

Demanda Maxima (facturable), es la máxima potencia que se obtiene intergrando la potencia instantánea en un determinado período de tiempo (15 o 30 minutos); es usualmente registrada por medidores de demanda.

El Consumo, es la energía (KWH) consumida por la carga en un determinado período de tiempo. Es el área bajo la curva de potencia.

FACTOR DE CARGA

Este índice nos muestra como esta siendo utilizada la energía eléctrica en una industria y es el resultado del consumo dividido para la demanda de potencia multiplicada por 730 que es el numero medio de horas por mes.

$$\text{Factor de carga} = \frac{\text{consumo}}{(730)(\text{demanda})}$$

El factor de carga se reduce cuando en una empresa ocurre lo siguiente:

- 1.- Cuando todos los equipos funcionan a plena carga en un momento dado.
- 2.- Cuando todos los equipos son encendidos al mismo tiempo.
- 3.- Cuando no existe una programación de utilización de energía.

- 4.- Cuando una parte de los equipos esta parada mucho tiempo.

Para corregir estos desperdicios de energía se recomienda:

- 1.- Disminuir los periodos ociosos de trabajo.
- 2.- Verificar las condiciones tecnicas de la instalación y dar a los equipos mantenimiento periódico.
- 3.- Programar la producción en función del costo de la energía.
- 4.- Seleccionar los aparatos que puedan operar fuera del período de carga maxima.

Basicamente el Factor de carga es representativo del costo de la energía eléctrica

$$CM = 1.1 \left(\frac{TP}{FC \times 730} + TE \right) + 30$$

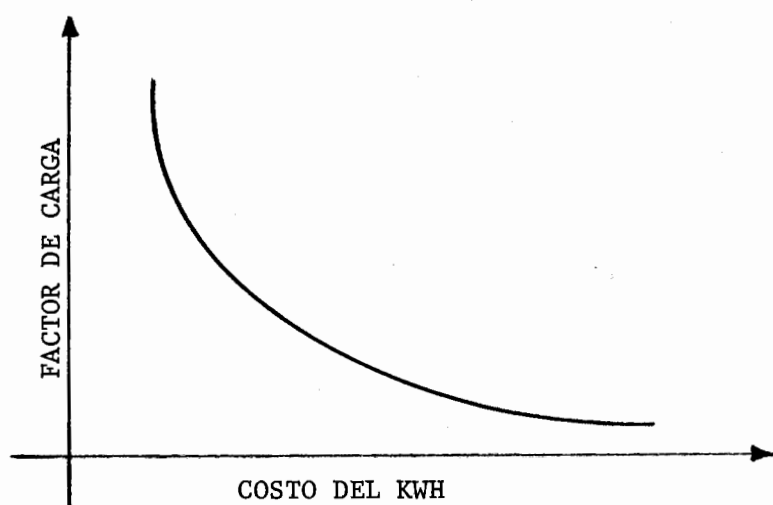
donde :

CM = Costo medio de Energía
facturada (sucres)
TP = Tarifa de potencia
(sucres / kw)
FC = Factor de carga
TE = Tarifa de potencia
(sucres / kwh)

La influencia en el costo del KWH es
de la siguiente forma.

FIGURA 5.5.

FACTOR DE CARGA vs COSTO DEL KWH



Para analizar esta influencia
debemos primero conocer como se
factura el consumo eléctrico y

recalcar la existencia de tarifas diferentes para abonados que pueden ser :

- RESIDENCIALES
- COMERCIALES
- INDUSTRIALES

La tarifa industrial que por lo general se aplica a este tipo de empresa es la denominada I-2

TARIFA I-2

Aplicación : Esta tarifa se aplica a servicios trifásicos de fuerza general desde 10 kw hasta 5000 KW en usos industriales. Este servicio se suministra a frecuencias de 60 Hz y en los voltajes estandar de la empresa.

Cargos : Varían mensualmente con un incremento de 4% y 3% en las tarifas de potencia y energía respectivamente.

Tomaremos como referencia el mes de
JUNIO / 1986

Demanda facturada :	296	KW
Tarifa de potencia:	105	s / KW
Cargo ----->	31.080,0	suces
Consumo facturado :	77.910,0	KWH
Tarifa de Energia :	5,06	s /KWH
Cargo ----->	394.224,60	suces
Adicion.(gravamen):	0,05	s /KWH
Cargo ----->	<u>3.895,50</u>	<u>suces</u>
SUBTOTAL	429.200,1	suces
10% elect. rural :	42.920,01	suces
Imp. Bomberos :	<u>30,0</u>	<u>suces</u>
TOTAL FACTURADO	472.150,11	suces

Valor medio KWH = 6,064 suces

En otras palabras la ecuación que
 rige esta facturación con impuestos
es :

$$CM=1.1((105)D + (5,06 + 0,05)E) + 30 \quad (1)$$

La ecuación de la demanda en función
 del factor de carga es :

$$D = \frac{E}{FC \times 730} \quad (2)$$

Reemplazando 2 en 1 encontramos
 que la influencia del factor de

carga sobre el costo con impuesto del kilovatio-hora consumido es :

$$CM = 1.1 \left(\frac{105}{FC \times 730} E + 5.11 E \right) + 30$$

donde :

E = Consumo facturado

FC = Factor de carga

D = Demanda facturada

Factor de carga (Junio / 86) :

$$FC = (77.910,0) / (730)(296) = 0,361$$

Por lo tanto, al aplicar esta ecuación con el $FC = 0,361$ y las tarifas y consumos tanto de potencia como de energía correspondientes al mes de Junio/86 encontraremos que el costo medio de energía facturada es efectivamente S/. 472.150,11, lo que equivale a un valor medio del KWH de S/. 6,064

CUADRO 5.2.

**DATOS CRONOLOGICOS COMPUTADOS DE
TARIFAS Y CONSUMOS DE ENERGIA**

Mes	Demanda Facturada (KW)	Consumo (KWH)	Tarifa Potencia s./KW	Tarifa Energia s./KWH	Costo c/i s./KWH
1985					
Julio	294	69930	72	3,63	4,611
Agosto	294	63420	75	3,74	4,736
Septiembre	294	73290	78	3,86	4,773
Octubre	294	69720	81	3,98	4,850
Noviembre	294	61320	84	4,10	5,041
Diciembre	294	60480	87	4,23	5,195
1986					
Enero	294	64260	90	4,36	5,322
Febrero	296	69510	93	4,49	5,445
Marzo	296	72030	96	4,63	5,587
Abril	296	78120	99	4,77	5,719
Mayo	296	80010	102	4,91	5,875
Junio	296	77919	105	5,06	6,064
Julio	296	80430	108	5,21	6,227
Agosto	296	89460	111	5,37	6,370
Septiembre	296	86940	115	5,53	6,573
Octubre	296	79170	118	5,70	6,810
Noviembre	296	78540	122	5,87	7,020
Diciembre	296	70140	125	6,04	7,280

c/i : con impuestos

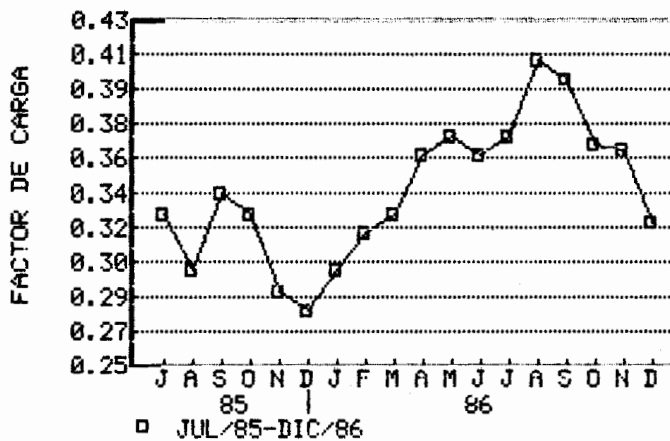
CUADRO 5.3.

CONTROL CRONOLOGICO DEL FACTOR DE CARGA

1985		1986			
Mes	Factor carga	Mes	Factor carga	Mes	Factor carga
Julio	0,326	Enero	0,299	Julio	0,372
Agosto	0,295	Febrero	0,322	Agosto	0,414
Septiembre	0,341	Marzo	0,333	Septiembre	0,402
Octubre	0,325	Abril	0,362	Octubre	0,366
Noviembre	0,286	Mayo	0,370	Noviembre	0,363
Diciembre	0,282	Junio	0,361	Diciembre	0,325

FIGURA 5.6.

DIAGRAMA DE CONTROL FACTOR DE CARGA



En las páginas anteriores (Cuadro 5.2.) se presenta en forma estadística mensual las diferentes tarifas, así como también la demanda y el consumo facturado, el factor de carga y los valores medios del kilovatio-hora con impuestos y sin ellos.

En la Cuadro 5.3. y Figura 5.6. presentadas a continuación del Cuadro 5.2. observamos un factor de carga irregular y creciente en lo que va del año 1986.

Pues bien, la variación de este índice tiene su incidencia económica en el costo del KWH consumido.

Por ejemplo, cuanto hubiese resultado el valor medio del KWH , si en el mismo mes de Junio/86 , el consumo de energía hubiera resultado de 84.000 KWH aproximadamente ?

Analizando la situación detenidamente encontramos que los datos serían :

Demanda = 296 KW

Consumo = 84.000 KWH

Factor de carga = 0,389

Y los resultados obtenidos, aplicando los datos anteriores a la ecuación de facturación son :

Total facturado = S/.506,359,580

Valor medio KWH = s/. 6,028

Comparado con los datos reales y correspondientes observamos una ligera disminución a favor en el valor medio del KWH que ha sido a cambio de un incremento en el consumo; pero la idea mas económica posible no es unicamente esta, ya que podriamos obtener un repunte parecido en el factor de carga si logramos hacer un Nuevo contrato de Potencia con la Empresa Eléctrica en el orden de 280 KW (por mencionar algo) siempre y cuando a partir de esta acción se siga las

recomendaciones dadas en las páginas anteriores referente a como corregir los desperdicio de energía, ya que en el caso contrario, el nuevo contrato lograría un efecto temporal no deseado.

En el ejemplo a continuación, se demuestra el aumento del factor de carga bajo un nuevo contrato de potencia y en el supuesto caso de que el consumo de energía siguiese siendo el correspondiente al mes de Junio/86.

Demanda = 280 KW

Consumo = 77.910 KWH

Factor de carga = 0,381

Los resultados obtenidos, aplicando los datos anteriores a la ecuacion de facturación son :

Total facturado = S/.470.316,060"

Valor medio KWH = S/. 6,037

Los cuales comparados con los datos actuales y reales representan una \diferencia en el total facturado de S/. 1.834,05 y una correspondiente disminución en el valor medio del Kilovatio-hora consumido.

Los ejemplos anteriores son indicativos de lo factible que es mejorar el factor de carga de la fabrica, basandose en los supuestos hechos que se mencionan :

*** AUMENTO DEL CONSUMO DE ENERGIA**

*** y/o NUEVO CONTRATO DE POTENCIA**

A continuación se presenta el Cuadro 5.4. el cual compara los totales facturados y el valor medio del KWH con sus semejantes en el caso de que se hubiere hecho un nuevo contrato de Potencia por 280 Kw a inicios del año 1986 y suponiendo tambien que este se haya mantenido.

CUADRO 5.4.

COMPARACION DE COSTOS EN BASE
A LA DEMANDA FACTURADA

Mes	Demanda actual (Kw)	Costo c/i s./KWH	Demanda Posible (Kw)	Costo c/i s./KWH
1986				
Enero	296	5,322	280	5,228
Febrero	296	5,445	280	5,352
Marzo	296	5,587	280	5,504
Abril	296	5,719	280	5,638
Mayo	296	5,875	280	5,794
Junio	296	6,064	280	5,982
Agosto	296	6,370	280	6,289
Septiembre	296	6,573	280	6,491
Octubre	296	6,810	280	6,730
Noviembre	296	7,020	280	6,936
Diciembre	296	7,280	280	7,194

c/i : con impuestos

Estos valores son representativos de lo que ocurriría en el futuro si se contratara una nueva potencia o si se aumentara el consumo de electricidad.

DISEÑO DE LA TARIFA

Hemos demostrado hasta ahora numericamente el comportamiento e influencia del factor de carga en el costo del kilovatio-hora consumido de acuerdo a la ecuación :

$$CM = 1.1 \left(\frac{A \times E}{FC \times 730} + B \times E \right) + 30$$

donde :

A = Tarifa mensual demanda

B = Tarifa mensual energía

Pero la curva en que se observa realmente el diseño de la tarifa o el valor medio del KWH esta dada por la ecuación :

$$VM (KWH) = 1.1 \left(\frac{A}{FC \times 730} + B \right) + \frac{30}{E}$$

o $VM = CM / E$

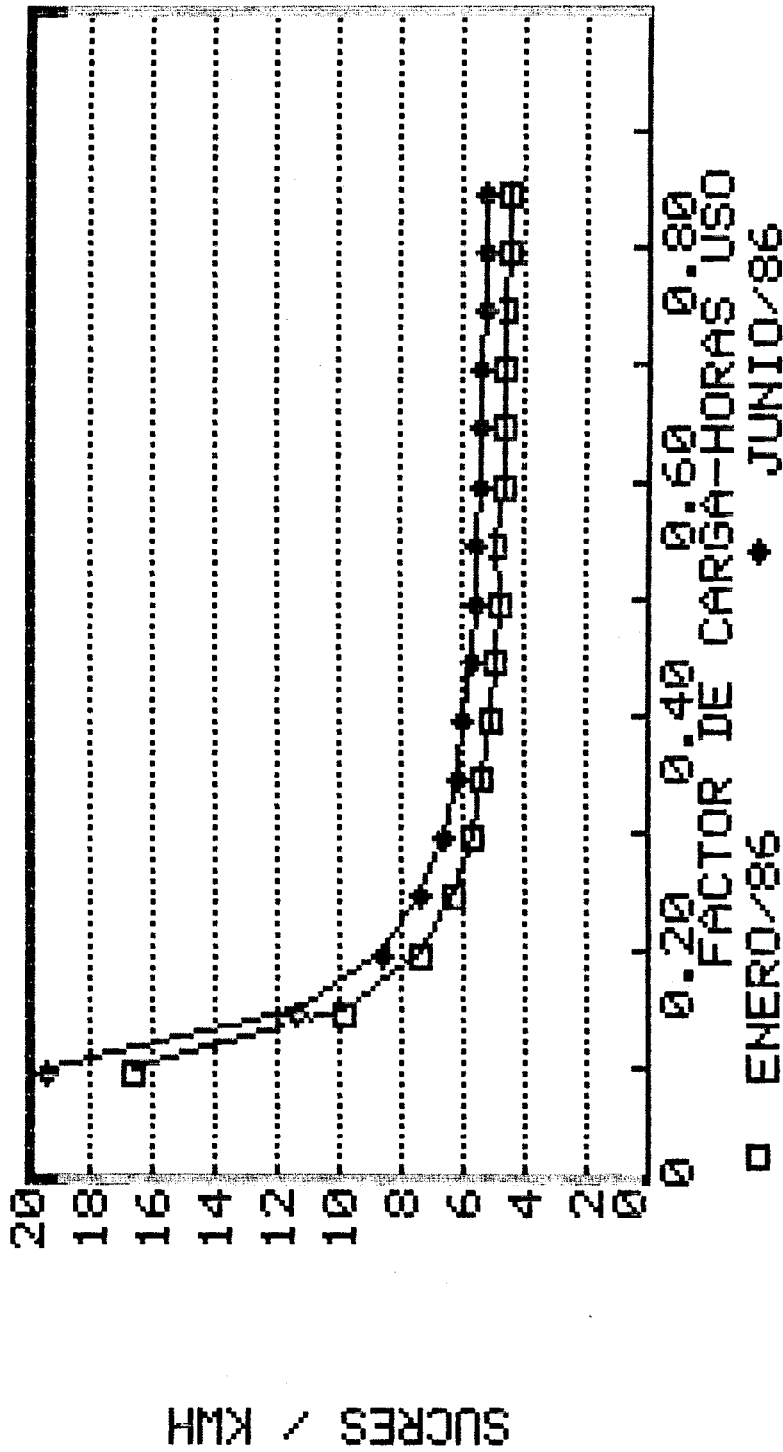
CUADRO 5.5.

DISEÑO DE LA TARIFA

JOHNSON & JOHNSON DEL ECUADOR S.A.
DIVISION DE OPERACIONES

		DISEÑO DE LA TARIFA					
		ENERO/86	FEBR./86	MARZO/86	ABRIL/86	MAYO /86	JUNIO/86
FACTOR DE CARGA	HORAS DE USO	(S./KWH)	(S./KWH)	(S./KWH)	(S./KWH)	(S./KWH)	(S./KWH)
0.10	73.0	16.7388	17.2797	17.8307	18.3816	18.9326	19.4936
0.15	109.5	9.8894	10.2021	10.5247	10.8474	11.1700	11.5027
0.20	146.0	7.4922	7.7249	7.9677	8.2104	8.4532	8.7059
0.25	182.5	6.3826	6.5784	6.7841	6.9899	7.1956	7.4114
0.30	219.0	5.7799	5.9555	6.1412	6.3268	6.5125	6.7082
0.35	255.5	5.4164	5.5800	5.7535	5.9271	6.1006	6.2842
0.40	292.0	5.1805	5.3362	5.5019	5.6676	5.8333	6.0090
0.45	328.5	5.0188	5.1691	5.3294	5.4897	5.6500	5.8203
0.50	365.0	4.9032	5.0496	5.2060	5.3625	5.5189	5.6853
0.55	401.5	4.8176	4.9611	5.1147	5.2683	5.4219	5.5855
0.60	438.0	4.7525	4.8939	5.0453	5.1967	5.3481	5.5095
0.65	474.5	4.7018	4.8415	4.9913	5.1410	5.2907	5.4504
0.70	511.0	4.6616	4.8000	4.9484	5.0968	5.2452	5.4035
0.75	547.5	4.6292	4.7665	4.9138	5.0611	5.2084	5.3657
0.80	584.0	4.6026	4.7391	4.8855	5.0319	5.1783	5.3347
0.85	620.5	4.5806	4.7163	4.8620	5.0077	5.1534	5.3091
0.90	657.0	4.5622	4.6973	4.8424	4.9874	5.1325	5.2876
0.95	693.5	4.5466	4.6812	4.8257	4.9703	5.1148	5.2694
1.00	730.0	4.5333	4.6674	4.8115	4.9556	5.1997	5.2538
FACTOR DE CARGA	HORAS DE USO	JULIO/86	AGOS./86	SEPT./86	OCT. /86	NOV. /86	DIC. /86
0.10	73.0	20.0545	20.6255	21.3334	21.9144	22.6323	23.2133
0.15	109.5	11.8353	12.1780	12.5815	12.9342	13.3477	13.7004
0.20	146.0	8.9586	9.2214	9.5184	9.7911	10.0981	10.3708
0.25	182.5	7.6271	7.8529	8.1005	8.3363	8.5940	8.8297
0.30	219.0	6.9038	7.1095	7.3304	7.5460	7.7769	7.9926
0.35	255.5	6.4677	6.6613	6.8660	7.0695	7.2843	7.4878
0.40	292.0	6.1847	6.3703	6.5646	6.7603	6.9645	7.1602
0.45	328.5	5.9906	6.1709	6.3579	6.5482	6.7453	6.9356
0.50	365.0	5.8518	6.0282	6.2101	6.3966	6.5885	6.7749
0.55	401.5	5.7491	5.9227	6.1008	6.2844	6.4725	6.6561
0.60	438.0	5.6710	5.8424	6.0176	6.1990	6.3842	6.5656
0.65	474.5	5.6102	5.7799	5.9529	6.1326	6.3156	6.4953
0.70	511.0	5.5619	5.7303	5.9015	6.0799	6.2611	6.4395
0.75	547.5	5.5230	5.6903	5.8601	6.0374	6.2171	6.3944
0.80	584.0	5.4912	5.6576	5.8261	6.0026	6.1811	6.3576
0.85	620.5	5.4648	5.6305	5.7980	5.9737	6.1513	6.3270
0.90	657.0	5.4426	5.6077	5.7745	5.9496	6.1263	6.3014
0.95	693.5	5.4239	5.5885	5.7546	5.9291	6.1052	6.2797
1.00	730.0	5.4079	5.5721	5.7375	5.9116	6.0871	6.2612

DISEÑO DE LA TARIFA



En el Cuadro 5.5. se menciona el diseño de la tarifa de acuerdo al factor de carga mensual y demás variables correspondientes.

A continuación en la Figura 5.7. se ha ilustrado los datos anteriores sobre el diseño de la tarifa , es decir la curva SUCRES/KWH vs FACTOR DE CARGA (horas uso), la misma que representa los meses de Enero, Junio y Diciembre de 1986. Observamos que la tarifa de diseño tiene un caracter creciente mensual, producto de los incrementos mensuales en las tarifas de potencia y energía.

Damos cuenta tambien que a medida que logramos un aumento del factor de carga nuestra influencia sobre el valor medio del KWH se reduce debido a la forma logarítmica de la curva.

5.2.3. PROGRAMACION DE LA PRODUCCION EN FUNCION DEL COSTO DE LA ENERGIA UTILIZANDO UNA HOJA ELECTRONICA

El objetivo principal de éste subcapítulo es el de buscar una reprogramación del uso de equipos eléctricos mediante el manejo de una hoja electrónica.

La finalidad es entonces reducir la demanda pico, lo que directamente influye en el costo del Kilovatio-hora consumido.

Es de mencionar que esta acción (reducción de la demanda pico) no reducirá la cantidad de energía eléctrica usada, asumiendo que los equipos mantengan un mismo ritmo de operación, pero si disminuirá la demanda (potencia) facturada a la compañía de servicio eléctrico (EMELGUR).

Teóricamente esto es posible debido a que se pretende aumentar lo que en el subcapítulo anterior habíamos

definido como factor de carga. De hecho, basandonos en su formula.

$$FC = \frac{\text{Consumo}}{730 \times \text{Demanda}}$$

Observamos que a una disminución posible de la demanda y bajo un consumo estable el factor de carga aumentara y de esta forma su incidencia en el costo del KWH sera positiva para el consumidor segun se demostró en el subcapítulo anterior. Pero lo positivo, no solo gira alrededor del consumidor, sino tambien sobre la empresa de servicio eléctrico, ya que teoricamente, si Johnson & Johnson del Ecuador, empresas aledanas y la comunidad cercana (Duran), redujeran conjuntamente su demanda pico; esta reduciria la capacidad de reserva requerida, la cual a su vez debera aplazar la necesidad de la empresa electrica (EMELGUR) de instalar capacidad adicional.

ANTECEDENTES.-

Volviendo al punto central, que es la programación de la producción, es importante acotar que actualmente el control de la producción se realiza en base a los estimados de ventas y al stock que debe ser mantenido en inventario; la planificación es ejecutada a corto plazo (semana a semana), señalando la maquinaria que va trabajar y el número de turnos diarios por máquina.

De esta forma denotamos la carencia de un programa de producción que incluya la incidencia del costo energético en el uso organizado de la maquinaria.

EJECUCION.-

El propósito práctico de la hoja electrónica programada, es presentar al usuario, en este caso, al Jefe de Producción, una alternativa mas en los programas de producción de la empresa. Se dice una alternativa

mas, ya que se considera que los demas criterios tomados en cuenta para esta acción, son validos, y lo que se pretende es incluir en la planificación un criterio energético que traera inherentes beneficios.

La programación de la hoja electrónica se hizo en primer lugar, en base a las tablas de ocupación de los diferentes sectores (ver Apendice D), aquellas que para efectos de calculo fueron combinadas sus acciones.

Estas tablas detallan estrictamente el desarrollo cronológico de los turnos de trabajo.

A continuación se presenta el Cuadro 5.6. el cual detalla los cálculos efectuados con el objeto de encontrar la carga aproximada en cualquier instante de operación.

En el Cuadro 5.7. se ilustra la hoja de datos que seria manejada por el

CUADRO 5.6.

PROGRAMACION DE HOJA ELECTRONICA

Horario de trabajo	Carga (KW)
1 .- 7h30 7h30	Camara Refrigerada = X1 X1 + Total Parcial (turno #1: Planta + Farmacia) + AA. Contabilidad , Operaciones , Farmacia 2 , Profesional , Gerencia , Farmacia 1 + AA. Bodega + Alumbrado Bodega + Alumbrado Planta + Alumbrado Farmacia = X2
2 .- 8h00 8h00	X2 X2 + Iluminacion de Oficinas + AA. Computacion = X3
3 .- 9h00 9h00	X3 X3 - Total Parcial (turno #1: Planta + Farmacia) - Alumbrado Bodega - Alumbrado Planta - Alumbrado Farmacia = X4
4 .- 9h15 9h15	X4 X3
5 .- 11h00 11h00	X3 X3 + AA. Cafeteria 1 y 2 + AA. Pasillo = X5
6 .- 12h00 12h00	X5 X5 - Total Parcial (turno #1 : Planta + Farmacia) - Alumbrado Bodega - Alumbrado Planta - Alumbrado Farmacia = X6
7 .- 12h30 12h30	X6 X5
8 .- 13h00 13h00	X5 X5 - Iluminacion Oficina - Maquina escribir - Computadoras personales = X7
9 .- 13h45 13h45	X7 X5

CUADRO 5.6. (continuacion)

Horario de trabajo	Carga (KW)
10 .-14h15 14h15	X5 X5 - Total Parcial (turno #1 : Planta) - Alumbrado Planta = X8
11 .-14h30 14h30	X8 X8 + Total Parcial (turno #2 : Planta) + Alumbrado Planta - AA. Cafeteria 1 y 2 = X9
12 .-16h00 16h00	X9 X9 - AA. Ofic. de Bodega - Alumbrado Bodega - AA. Farmacia 1 y 2 - Alumbrado Farmacia - Total Parcial (turno #1 : Farmacia) = X10
13 .-16h30 16h30	X10 X10 - AA. Contabilidad , Operaciones, Servicio Social, Profesional, Gerencia - AA. Computacion - Maquinas Escribir - Alumbrado Oficinas = X11
14 .-18h00 18h00	X11 X11 - Total Parcial (turno #2 : Planta) - Alumbrado Planta = X12
15 .-18h30 18h30	X12 X11
16 .-20h00 20h00	X11 X12
17 .-20h15 20h15	X12 X11
18 .-23h15 23h15	X11 X12
19 .-23h30 23h30	X12 X12 + Total Parcial (turno #3 : Planta) + Alumbrado Planta = X13

CUADRO 5.6. (continuacion)

Horario de trabajo	Carga (KW)
20 .-24h00	X13
24h00	X13 - Total Parcial (turno #3 : Planta) =
	X14
21 .-00h30	X14
00h30	X13
22 .- 5h00	X13
5h00	X14
23 .- 5h15	X14
5h15	X13
24 .- 7h15	X13
7h15	X13

AA. : Acondicionadores de Aire

Jefe de Producción en el computador. Aquí, se digitará, la potencia de cada maquina (señalada al costado derecho de ellas) que entre en funcionamiento de acuerdo a la planificación, debajo de cada turno y de cada día correspondiente.

Todos los valores que se muestran en la hoja de datos, han sido diseñados para ser alterados en caso de innovaciones o cambios posteriores que se realizaren en las máquinas o dispositivos.

En el Cuador 5.8. se presenta la ejecución del programa; en el se muestra la variación cronológica de la carga durante los tres turnos de trabajo y durante la semana planificada.

De esta forma, el usuario tendrá algunas alternativas en la hoja de datos para alterar ciertos turnos de maquina, a otros que ofrezcan mayores ventajas en horas que no sean de alta demanda.

CAPITULO VI

EVALUACION DEL ESTADO DEL AISLAMIENTO TERMICO

A pesar de que la evaluación energética preliminar llevada a cabo ha demostrado que los consumos por combustibles derivados del petróleo son mínimos, se pretende con esta evaluación, dar la pauta en cuanto a optimización en los efectos de dicho consumo energético.

El objeto del estudio, radicará entonces, en el análisis del espesor del aislamiento termico utilizado en las tuberías que conducen vapor de agua ; partiendo de una inspección visual e instrumentada que se realizo preliminarmente y que mostro cierto deterioro en el aislamiento.

También será parte de nuestro estudio, el rediseño técnico-económico del espesor de aislamiento como criterio predominante en conservación energética.

Además se evaluará el ahorro energético producto de la reducción en pérdidas de calor logrado si se aislara los tramos de tubería deteriorados.

En fin, para evaluar el aislamiento térmico se deberá primero conocer algunas referencias de ellos.

GENERALIDADES.-

Los aislamientos térmicos son aquellos materiales o combinación de materiales que cuando son aplicados convenientemente retardan el flujo de calor manifestado por los modos de transferencia conductiva, convectiva y radioactiva.

Considerando la retardación de flujo de calor como una característica principal de los aislantes termicos, estos pueden servir para una o más de las siguientes funciones térmicas:

- 1.- Conservación de energía por reducción de la pérdida o ganancia de calor en tubería, ductos, etc.
- 2.- Control de temperaturas de superficies de equipos y estructuras para protección de personal.
- 3.- Prevenir la condensación del vapor en superficies que tienen una temperatura inferior a la temperatura del punto de

rocio.

- 4.- Reducir fluctuaciones de temperatura dentro de un recinto cuando el calentamiento o enfriamiento son necesarios.

PROPIEDADES TERMICAS.-

La habilidad de un material para retardar el flujo de calor es dado por su conductividad térmica o valor de conductancia (o alta resistividad o valor de resistencia); por lo tanto , distinguira al aislamiento termico.

Otras propiedades termicas que pueden ser importantes incluyen el calor específico, capacidad calorífica, difusividad termica, coeficiente de expansión termica , y resistencia a la temperatura.

La capacidad calorífica es tomada como el producto del calor específico y su densidad. La difusividad termica llega a ser importante para aquellas aplicaciones donde la temperatura varía con el tiempo, ya que la razon de cambio de la temperatura dentro de un aislante es inversamente proporcional a su difusividad térmica para un espesor dado.

CUADRO 6.1.

PROPIEDADES DE ALGUNOS MATERIALES
COMUNMENTE USADOS PARA AISLAMIENTO

FORMA FISICA	Amianto	Lana de vidrio	Lana mineral
<u>Banda flexible</u> (acolchados)			
Máxima temperatura admisible en el lado caliente (°C)	400 - 538	482 - 538	760
Peso específico (Kg / m ³)	160 - 276	96 - 144	112 - 144
Intervalo de conductividad térmica a la temperatura media que se indica.			
Kcal-cm / m ² -h-°C	4,6 380C 4,7 380C 6,6 2050C 7,6 2050C	3,0 380C 3,6 380C 5,6 2050C 6,4 2050C	3,1 380C 3,8 380C 6,3 2050C
Inflamabilidad	B	B	B
Absorción	M	M	M
Deterioro Mecánico	B	R	R
E = Excelente			
B = Bueno			
M = Malo			
R = Regular			

ANÁLISIS DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR EN EL SISTEMA DE AISLAMIENTO.-

Normalmente, en cualquier sistema que se lleve a cabo un proceso térmico, los mecanismos de transferencia de calor (conducción, convección y radiación) se manifiestan en forma combinada. Para desarrollar los métodos de cálculo del flujo térmico a través de cada una de las diferentes secciones de un sistema de aislamiento, se harán las siguientes consideraciones:

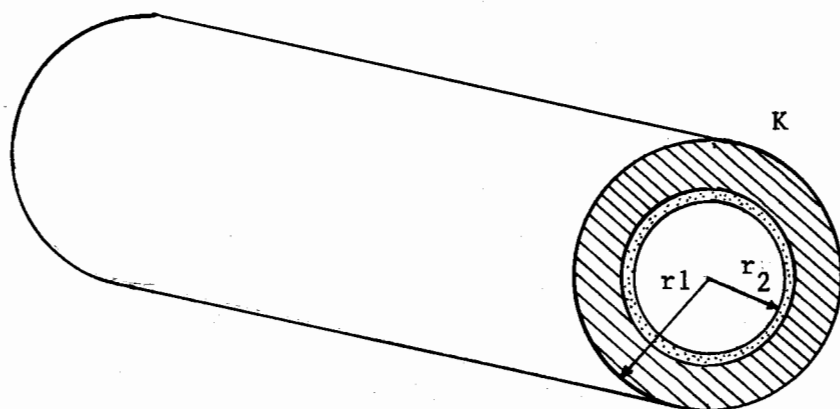
- la temperatura de la superficie a ser aislada (T_s) se tomara igual a la temperatura del proceso termico (T_p) al que esta sometido. El flujo de calor a través del aislamiento es constante. Esto requiere que el proceso sea estable y que el flujo de calor sea solamente en una dirección, esto es, perpendicular a la superficie de aislamiento.
- La conductividad termica del material aislante es constante. No se consideran las variaciones de la conductividad con la temperatura; sera tomada a una temperatura ($T_p + T_a$) / 2. donde T_a es la temperatura ambiente, °C.

TRANSFERENCIA DE CALOR EN SISTEMAS DE AISLAMIENTO PARA SUPERFICIES CILINDRICAS

El análisis de la transferencia de calor para los sistemas de aislamiento de superficies cilíndricas que nos interesa, está relacionado principalmente con las tuberías de vapor, generalmente son aisladas para evitar pérdidas de calor con el fin de aprovechar la mayor cantidad de energía del vapor.

FIGURA 6.1.

SISTEMA DE AISLAMIENTO SIMPLE PARA SUPERFICIES CILINDRICAS (tubos)



Para el caso de aislamiento simple como es el caso del aislamiento en las tuberías de la empresa, restringiremos nuestro análisis al caso de conductividad térmica constante, y además, el flujo de calor a través del aislante se considerará solamente en dirección radial, entonces la rapidez del flujo de calor a través de cada una de las secciones del sistema será la misma, y estará dada por las siguientes ecuaciones :

Para el espesor de aislamiento

$$q = \frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot L \cdot (T_p - T_{s2})}{\ln(R_2 / R_1)} \quad , \text{ Kcal / h}$$

Para la superficie exterior ($A_2 = 2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot L$)

$$q = q_r + q_c$$

$$q = h \cdot A \cdot (T_{s2} - T_a)$$

$$q = 2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot L \cdot h \cdot (T_{s2} - T_a) \quad , \quad \text{ Kcal / h}$$

Eliminando las temperaturas intermedias, la rapidez del flujo de calor se convierte en :

$$q = \frac{T_p - T_a}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot K \cdot L \cdot \ln R_2/R_1} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot L \cdot h}}, \text{ Kcal / h}$$

donde :

- q : Flujo de calor a través del aislamiento, Kcal / hora-m² o Kcal / hora-metro lineal
- q_c : Flujo de calor por convección desde la superficie exterior del aislamiento, Kcal / hora-metro lineal
- q_r : Flujo de calor por radiación desde la superficie exterior del aislamiento, Kcal / hora-metro lineal
- pi : equivale a 3,1416928
- K : Conductividad térmica del material aislante, Kcal - centímetro / hora-metro-°C
- L : Longitud de la tubería en metros
- T_p : Temperatura del proceso termico, °C
- T_a : Temperatura ambiente, °C
- T_{s2} : Temperatura de la superficie exterior del sistema de aislamiento aplicado, °C
- R₁ : Radio exterior del tubo, metros
- R₂ : Radio exterior del aislamiento, metros
- A₂ : Area del aislamiento, metros ²
- ln : Logaritmo neperiano
- h : Coeficiente convectivo de superficie exterior, Kcal / hora - m² - °C

Considerando el área exterior del aislamiento $A_2 = 2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot L$ y haciendo $R_s = 1 / h$ nos queda :

$$q / A_2 = \frac{T_p - T_a}{(R_2/K) \cdot \ln (R_2/R_1) + R_s}, \text{ Kcal / h.m}^2$$

donde :

R_s : Resistencia térmica de la superficie exterior . metro²-hora-°C / Kcal

En este punto es conveniente cambiar las unidades de K , R_1 , y R_2 a una escala en centímetros.

K , Kcal.m / m².h.°C

k , Kcal.cm / m².h.°C

R_1 , m

r_1 , cm

R_2 , m

r_2 , cm

De modo que :

$$q / A_2 = \frac{k \cdot \Delta T_t}{r_2 \cdot \ln (r_2/r_1) + k \cdot r_s}, \text{ Kcal / h.m}^2$$

donde : $\Delta T_t = T_p - T_a$

Finalmente para el caso de tuberías, es necesario encontrar la rapidez del flujo de calor por metro lineal de tubería aislada ;

$$q / A_2 \text{ (Kcal / h.m}^2 \text{)} \times 2.\pi.R_2.L / 100.L \text{ (m}^2 \text{ / m-lin)} =$$

$$= \frac{6,28 \cdot 10^{-2} . r_2 . k . \Delta T_t}{r_2 . \ln r_2 / r_1 + k . R_s} \text{ , Kcal / h.m-lin}$$

reordenando :

$$U_p = \frac{6,28 \cdot 10^{-2} . r_2 . k . \Delta T_t}{r_2 . \ln r_2 / r_1 + k . R_s} \text{ , Kcal / h.m-lin}$$

donde : U_p = Pérdida de calor por metro lineal de tubo aislado , Kcal / hora-metro lineal

La ecuación anterior representa la pérdida de calor de un metro lineal de tubería con una envoltura de aislamiento simple sobre la misma, y cuyo espesor es $W = r_2 - r_1$ (cm).

R_s es la resistencia térmica de la superficie exterior y básicamente depende de cuanta cantidad de calor es disipado al medio ambiente mediante los mecanismos de transferencia de calor por convección y radiación.

Consecuentemente la resistencia térmica de la superficie exterior será :

$$R_s = \frac{1}{h} \text{ , m}^2\text{-h-}^\circ\text{C / Kcal}$$

donde : $h = h_r + h_c$

h_r y h_c son obtenidos por medio de interpolación en las figuras del Apéndice E.

DETERMINACION DE ESPEORES OPTIMOS DE AISLAMIENTO

Consideraciones generales.- El grosor que se requiere de aislamiento para cualquier aplicación específica depende las características del material aislante y de la finalidad del sistema a aislar.

Los costo involucrados en el aislamiento de la tubería (evaluación) han sido cuidadosamente considerados y son :

- 1.- El costo de la pérdida térmica del sistema durante su período de uso.
- 2.- El costo del sistema de aislamiento durante el mismo período.

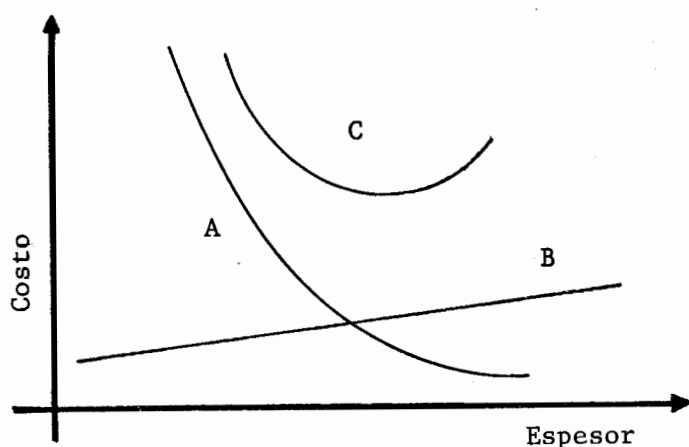
El aislamiento térmico y su aplicación generalmente involucra grandes inversiones de capital ; por lo tanto, debe conseguirse el mínimo costo total , lo cual se logra aplicando un espesor adecuado que se conoce como "espesor económico".

La suma de los costos de aislamiento y de calor puede representarse graficamente como se indica en la figura 6.2.

En ésta , podemos observar que a bajos valores de espesores, el costo anual amortizado de aislamiento es bajo, pero el costo anual de energía calorífica es alto. Los espesores adicionales añadidos al costo de aislamiento, solo reducen pérdida de energía calorífica y, por lo tanto, su costo a un mismo valor de

FIGURA 6.2.

CURVAS BASICAS DE ESPESOR OPTIMO



* W para tuberías es tomado a un r_1 fijo

espesor de aislamiento, la suma del costo de aislamiento y el costo de pérdida de calor sera un minimo, como esta indicado por la curva C , la cual es obtenida por adición de la curva A y de la curva B.

VALOR ECONOMICO DE LAS PERDIDAS DE CALOR.-

El valor económico anual de las pérdidas de calor (m_p) en un sistema de aislamiento es la cantidad de calor perdido por hora desde la superficie exterior del aislamiento por las horas anuales de operación y los sueres por unidad de calor. Esto es :

$$m_p = (U_p)(y)(M \cdot 10^{-6}) \quad , \quad \$ / \text{ano.m-lin.}$$

donde :

$$U_p = \frac{6,28 \cdot 10^{-2} \cdot r_2 \cdot k \Delta T_t}{r_2 \cdot \ln r_2/r_1 + k \cdot R_s} \quad , \quad \text{Kcal / h.m-lin}$$

y : horas de operacion anual, hr/ano

M : costo promedio de suministrar las Kcals perdidas ($\$ / 10^6$ Kcal) durante el periodo economico que esta siendo considerado.

La formula representa el costo anual de la

pérdida de calor en el sistema dado. Este costo sería adicionado al costo anual del sistema de aislamiento, de modo que el costo anual mínimo puede ser determinado con el espesor de aislamiento como la variable simple.

COSTO DE AISLAMIENTO.- El costo del sistema de aislamiento es citado de acuerdo a la tesis de grado "Optimización de espesores para sistemas de aislamiento termico en centrales de vapor", en el capítulo IV y esta caracterizado por :

$$C_i = 1.1 m_c \cdot B_3 \cdot W + 1.1 B_3 \cdot d$$

donde :

m_c : variación del costo de aislamiento instalado
sucres / metro²/centímetro

W : espesor de aislamiento, centímetro (cm)

d : Costo de instalación fijo, sucres / metro²

C_i : Costo de aislamiento instalado, \$/
metro-lineal

B_3 : Factor para amortizar el costo de aislamiento.

$$B_3 = \frac{i_3 (1 + i_3)^{n1}}{(1 + i_3)^{n1} - 1}$$

El factor B_3 nos dara el pago anual igual que retornaría justamente el capital e intereses al final de la vida del aislamiento. Es decir, que este factor hara que el costo de aislamiento instalado sea reducido a un costo promedio anual.

donde :

n_1 : período de vida del aislamiento

i_3 : razón de retorno requerida sobre el último incremento de aislamiento.

COSTO TOTAL .- el costo total anual de la perdida de calor y aislamiento aplicado es la suma de los dos costo determinados por las ecuaciones anteriores.

$$C_p - m_p + C_i$$

donde :

C_p : Costo total anual para sistemas de aislamientos de superficies cilíndricas (tubos) , \$ / 10⁶ Kcal.

ESPEORES OPTIMOS DE AISLAMIENTO SIMPLE

En esta determinación tambien se cita las formulas encontradas en la tesis de grado ya mencionada , aqui se recurre a la diferenciación del costo total anual , con el objeto de

identificar el punto mínimo de esa curva; previamente ciertas asunciones han de mencionarse :

- 1.- K es la conductividad térmica a la temperatura media a través del aislamiento. Esto es K deberá ser tomada a la temperatura $(T_p + T_a) / 2$.
- 2.- ΔT_t es la diferencia de temperaturas entre el proceso desarrollado en el sistema a ser aislado T_p , y la temperatura del ambiente T_a .
- 3.- No se considera la caída de temperatura a lo largo de la tubería.

De acuerdo a ecuaciones anteriores, el valor económico anual de las pérdidas de calor son:

$$m_p = \frac{6,28 \cdot 10^{-2} \cdot k \cdot \Delta T_t \cdot r \cdot y \cdot M \cdot 10^{-6}}{r_2 \cdot \ln r_2 / r_1 + k \cdot R_s}, \quad \$ / \text{año.m-lin}$$

haciendo :

$$D_p = 6,28 \cdot 10^{-8} \cdot k \cdot \Delta T_t \cdot y \cdot M$$

entonces :

$$m_p = \frac{D_p \cdot r_2}{r_2 \cdot \ln r_2/r_1 + k \cdot R_s} \quad , \text{ \$ / año.m-lin}$$

El costo anual de aislamiento instalado para un sistema de aislamiento simple es :

$$C_i = 1.1 m_c \cdot B_3 \cdot (r_2 - r_1) + 1.1 B_3 \cdot d$$

Luego , el costo total anual de la perdida de calor y del aislamiento instalado es :

$$C_p = \frac{D_p \cdot r_2}{r_2 \cdot \ln r_2/r_1 + k \cdot R_s} + 1.1 m_c \cdot B_3 \cdot (r_2 - r_1) + 1.1 B_3 \cdot d$$

Diferenciando con respecto a (r_2) , e igualando a cero para identificar el punto minimo de la curva tenemos:

$$\frac{d C_p}{d r_2} = 0 = \frac{D_p \cdot r \cdot (k \cdot R_s - r_2)}{(r_2 \cdot \ln r_2/r_1 + k \cdot R_s)^2} + 1.1 m_c \cdot B_3$$

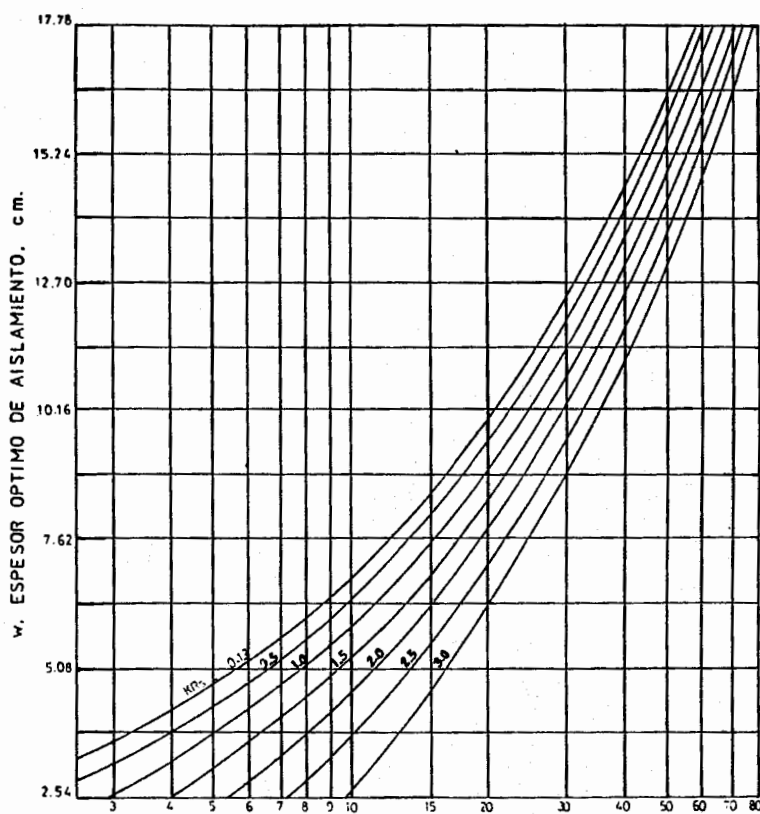
haciendo :

$$Z_p = D_p / 1.1 m_c \cdot B_3$$

nos queda :

FIGURA 6.3.

ESPESOR OPTIMO , TUBO 7,62 cm (3 pul.)



$$Z_p = \frac{D_p}{1.1 m_c B_3}$$

CUADRO 6.2.

OBTENCION DE DATOS Y MEDICIONES

TUBERIA

Material : Hierro negro (cedula 40)
 Diámetro nominal : 0,0762 metros (3 pulgadas)
 Diámetro interior : 0,0780 metros (3,07 pulgadas)
 Diámetro exterior : 0,0889 metros (3,5 pulgadas)
 Longitud total : 80 metros.

AISLAMIENTO

Material : Lana de vidrio con tela pintada = 0,9
 Estado actual de recubrimiento protector: malo en muchos
 tramos y evidencias de vetustez.
 Espesor : 2,54 centímetros. (1 pg)
 Conductividad : 4,667 Kcal-cm/hr-m²-C

FLUIDO : vapor de agua

Temperatura del vapor : 344 °F = 173,3 °C
 Presion del vapor : 124,7 libras / pulgadas²
 u 8,79 Kg / cm²

CALDERO : York Shipley

Capacidad : 30 caballos-caldera
 eficiencia : 85 %
 Horas de operación : 416 horas (I / 1986)

COMBUSTIBLE : Diesel # 2

Valor calorifica alto (HHV) : 10311,8 Kcal / Kg

AMBIENTE EXTERIOR

Temperatura promedio : 30 °C
 Presión : 760 mmHg (milímetros de mercurio)

$$\frac{r_2 \ln r_2/r_1 + k \cdot R_s}{r_2 - k \cdot R_s} = z_p$$

La ecuación puede ahora ser graficada para cada uno de los diámetros de tubos (r_1), haciendo variar r_2 para distintos valores de $k \cdot R_s$.

En el cuadro 6.2. presentamos los datos obtenidos de la inspección visual, así como también los resultados de mediciones instrumentadas.

6.1. PERSPECTIVAS DE AHORRO ENERGETICO

El permitirse sistemas adecuados de aislamiento mediante un análisis entre los costos iniciales, costos de energía y ciclo de vida, es un criterio significativo en cuanto a perspectivas de ahorro energético; es más, nos proporciona la justificación financiera para reajustar las cantidades de aislamiento (ya obsoleta) en las instalaciones existente.

En sí, lo que se pretende es dejar abierta la posibilidad de que esta industria

rediseñe el sistema de aislamiento tomando un criterio técnico económico y no un análisis de costos iniciales como criterio primario para gastos de capital; ya que en esta era de elevados costos de energía no es una razón aceptable.

A continuación ,en las páginas siguientes se muestra cuadros y procedimientos (1) utilizados en la consecucion del espesor de aislamiento.

Algunos detalles técnicos fueron analizados brevemente con anterioridad y datos adicionales podran ser ubicados en el apendice E.

(1) Ver referencia # 12 en Bibliografía
pags. 104 a 175

CUADRO 6.3.

**PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR
EL COSTO DE CALOR**

FACTOR MULTIPLICADOR PARA PROMEDIAR EL COSTO DE CALOR, B_1

- | | |
|--|-------------------------------------|
| - Período de vida del aislamiento | $n_1 = \underline{10 \text{ años}}$ |
| - Razón de incrementos del precio del combustible. | $i_1 = \underline{0,3}$ |

$$B_1 = \frac{(1 + i_1)^{n_1} - 1}{i_1 \cdot n_1} \quad B_1 = \underline{4,26}$$

COSTO DE CALOR PARA EL PRIMER AÑO, c_h

- | | |
|---|---|
| - Valor calorífico del combustible | $HHV = \underline{10311,8 \text{ Kcal/Kg}}$ |
| - Eficiencia de conversión del combustible. | $E = \underline{0,85}$ |
| - Peso específico del combustible | $W_o = \underline{3,279 \text{ Kcal/Gal}}$ |
| - Precio actual del combustible
(I / 1986) | $P_o = \underline{\$ 35,0 / \text{galon}}$ |

$$c_h = \frac{P_o}{W_o \cdot E \cdot HHV} \quad c_h = \underline{\$ 1217,79 / 10+6 \text{ Kcal}}$$

**COSTO PROMEDIO ANUAL DE CALOR, M
(incluyendo 10 % de costo de operación)**

- | | |
|-------------------------------------|--|
| - Costo de calor para el primer año | $c_h = \underline{\$ 1217,79 / \text{Kcal}}$ |
| - Factor multiplicador, B_1 | $B_1 = \underline{4,26}$ |

$$M = 1.1 B_1 \cdot c_h \quad M = \underline{\$ 5706,14 / 10+6 \text{ Kcal}}$$

CUADRO 6.4.

HOJA DE TRABAJO PARA EL COSTO

UNITARIO DE AISLAMIENTO

(Precios del material y mano de obra)

Diámetro de la tubería: 3 pulg. (7,62 cm)

Capa simple

1 pulg.	MP = 3700	2 pulg.	MP = 7361
	LP = 470		LP = 500

Capa doble

3 pulg.	MP = 12338	4 pulg.	MP = 16458
	LP = 600		LP = 700

MP = Precio del material (\$ / m-lin)

LP = Precio de mano de obra (\$ / m-lin)

CUADRO 6.5.

HOJA DE TRABAJO PARA DETERMINACION

DEL COSTO INCREMENTAL DE AISLAMIENTO

Diámetro de la tubería : 3 pulg. (7,62 cm)

Capa simple

$W_1 = 2,54$ cm	$P_1 = \$ 4170$ / m-lin	
$W_2 = 5,08$ cm	$P_2 = \$ 7861$ / m-lin	$m_{c1} = \$ 1453,2$ / m-lin.cm

Capa doble

$W_1 = 7,62$ cm	$P_1 = \$ 12988$ / m-lin	
$W_2 = 10,16$ cm	$P_2 = \$ 17158$ / m-lin	$m_{c2} = \$ 1641,7$ / m-lin.cm

CUADRO 6.6.

**PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL
ESESOR OPTIMO DE AISLAMIENTO**

1.- Temperatura media del aislamiento

$$T_m = (T_p + T_a) / 2 \quad T_m = 101,65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2.- Conductividad térmica del aislamiento
(lana de vidrio)

$$K = 4,667 \frac{\text{Kcal.cm}}{\text{h.m}^2.\text{ } ^\circ\text{C}}$$

3.- Diferencia total de temperatura

$$\Delta T_t = T_p - T_a \quad \Delta T_t = 143,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

4.- Horas anuales de operación

$$\gamma = 416 \text{ horas}$$

5.- $D_p = 6,28 \cdot 10^{-8} \cdot k \cdot T_t \cdot \gamma \cdot M$

$$D_p = 99,75$$

6.- Factor para amortizar el costo de
aislamiento, B_3 .

- razón de retorno del costo de
aislamiento
- Período de vida del aislamiento

$$i_3 = 32 \% \\ n_1 = 10 \text{ años}$$

$$B_3 = \frac{i_3 (1 + i_3)^{n_1}}{(1 + i_3)} \quad B_3 = 0,3412$$

7.- Costo incremental de aislamiento

$$m_{c1} = \$ 1453,2 / \text{m-lin.cm} \\ m_{c2} = \$ 1641,7 / \text{m-lin.cm}$$

$$8.- \quad Z_p = \frac{D_p}{1.1 \cdot m_c \cdot B_3}$$

$$Z_p = 0,1828$$

9.- $K.R_s$ (0,14 es un valor
típico para R_s)

$$K.R_s = 0,65$$

10.- Usando la Figura 6.4.

$$W_1 = 2,96 \text{ cm}$$

Hemos determinado que el espesor óptimo de aislamiento que se amortizaría en 10 años y bajo incrementos de combustible, a precios actuales es de $W = 2,96$ cm ($1 \frac{1}{8}$ "). El aislamiento actual es de 1" , lo cual implica que en la época que fue diseñado pudo haber sido también un espesor óptimo; pues las tasas de incrementos de los combustibles como de los aislamientos varían impredeciblemente de acuerdo a políticas económicas de los gobiernos de turno.

Para el caso analizado, es decir el sistemas de tuberías de vapor de agua de Johnson & Johnson del Ecuador, la sugerencia es más bien conservadora si se coloca sobre los caños actuales de lana de vidrio , una delgada capa de esta ($W = 1/4$ ") (puesto que espesores más pequeños tal vez no se encuentren en el mercado nacional) y sobre los sectores en que el aislamiento este en malas condiciones.

La razón, por la que no se recomienda aislar nuevamente toda la tubería, es

económica, ya que si se realiza el cálculo correspondiente denotamos la baja rentabilidad de la inversión.

El efecto perjudicial de mantener a las tuberías de conducción de vapor sin el aislamiento o con este en condiciones críticas puede ser cuantificado en términos energéticos y económicos.

A continuación en el Cuadro 6.7. se muestra la localización y pérdidas de calor de los tramos de tubería deteriorados (1).

Posteriormente, la perspectiva de conservación energética se basa en el análisis mostrado en el Cuadro 6.7. de la página siguiente.

(1) Ver consideraciones en Apendice E

SECCIONES CON AISLAMIENTO DETERIORADO

(hoja de datos)

Localización	Diámetro exterior (m/m)	longitud de tubería (metros)	pérdida de calor Kcal/h-m	perdidas totales Kcal/m	temperatura de tubería (°C)
- Válvula de seguridad	88,9	0,3	642,17	192,7	173
- Válvula de paso	88,9	0,2	642,17	128,4	173
- Tramo de tubería taller mecánico	88,9	4	642,17	2568,7	173
- Tramo de tubería Área de líquidos	88,9	2	642,17	1284,3	173
- Tramo de tubería Área de líquidos	60,3	<u>1</u>	463,54	<u>463,5</u>	173
TOTAL		7,5		4637,6	

m/m : milímetros

°C : Grados centígrados

CONSIDERACIONES

- Reducción de pérdidas de calor por el uso de aislamiento = 90 %
- Longitud equivalente de acoples de tubería = 15 %

DATOS

- Horas de operación : 416 horas / año
- eficiencia de caldero : 85 %
- Costo del combustible : S/. 35 / galon
- 1 Galon (Diesel) : 34276,96 Kcal

CALCULOS

$$\text{Ahorro de energía} = \frac{(\text{calor perdido})(\text{horas de operación})(0,9)}{(\text{eficiencia})}$$

$$= \frac{(4637,6)(416)(0,9)}{(0,85)}$$

$$= 2'042.726,4 \text{ Kcal / año}$$

$$= 8,106 \times 10^6 \text{ BTU / año}$$

$$\text{Ahorro económico} = (\text{Kcal / ano})(\$ / \text{Kcal})$$

$$= (2'042.726,4)(1,2178 \times 10^{-3})$$

$$= \text{S/. } 2.487,6 / \text{ año}$$

COSTO DE IMPLEMENTACION

- Se estima que el costo instalado de

aislamiento es S/. 31.275,0 (1)

- tiempo de recuperacion simple :

$$= \frac{\text{Costo de implementación}}{\text{Ahorro económico}}$$

$$= 12,57 \text{ años}$$

Se observa que el ahorro energético si se estableciera un procedimiento correctivo en los tramos mas expuestos localizados no es muy representativo con respecto al consumo anual de combustible (1986) ya que tan solo implica el 2,07 % de este.

En consecuencia , y de acuerdo a los calculos anteriores se puntualiza que la medida correctiva , que consiste en reemplazar tramos deteriorados de aislamiento , no es redituable como proyecto de inversión.

En base a este análisis se recomienda ejecutar esta medida, pero a largo plazo y como parte del programa de mantenimiento de la empresa.

(1) Basado en S/. 4.170 / metro lineal como costo de aislamiento.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- * En primer lugar hay que mencionar que se encontró un consumo general de energía equivalente a 492.768,7 KWH de los cuales el 89,96 % era Energía Eléctrica y el 10,04 % era Energía proveniente del Combustible (Diesel # 2).

Pero en cuanto a costos, la realidad era más concluyente : de un total de S/. 2'495.574,1 pagados durante el primer semestre de 1986 por concepto energetico, el 98,23 % era producto del consumo eléctrico y apenas el 1,77 % correspondía al consumo de combustible.

Por esta razon, se decidio enfocar la investigación hacia los potenciales de ahorro conseguidos a base de energía eléctrica.

- * En términos generales , se estima que los potenciales de ahorro identificados, excluyendo el reemplazo de la unidad de refrigeración (1) y la implementación de un secador frigorífico,

(1) El reemplazo de la unidad de refrigeración ahorraría otros 12.796,06 KWH/semestral o S/. 85.733,6 semestrales. El esquema del reemplazo deberá ser objeto de un estudio de factibilidad y en este estudio no se presentan los costos relacionados con esta medida.

representan 51.470,66 KWH/semestral, es decir S/. 320.662,21 (sucres) mas incalculados aumentos de productividad, todo esto basado en costos marginales en boga.

Esta reducción en el uso de energía eléctrica representa el 10,45 % del consumo global mencionado anteriormente.

Los costos de capital requeridos para implantar ciertos cambios recomendados son estimados en S/. 800.000 (sucres) con un periodo simple de retorno de 2,5 semestres (un año con tres meses).

- * Los ahorros de energía mencionados y discutidos en detalle en cada capítulo, pueden conseguirse con la implantación de los proyectos identificados durante la evaluación y mediante el plan de acción mencionado en el Cuadro 1.14. del Capítulo I.
- * En cuanto a la Administración de Energía se refiere , mencionamos la urgente necesidad de implementar reportes energéticos mensuales, con sus respectivas recomendaciones. Su importancia radica en que sin estos sera difícil identificar cambios de consumo que resultarían de un aumento o disminución de la eficiencia.

Generalizando, se puede decir que las posibles mejoras a ejecutarse se basan principalmente en los procedimientos de seguimiento e incluyen entre otros :

- [] Mejoras de instrumentación
- [] Introducción de procedimientos para reportes energeticos.
- [] Elaboración de un Indice alterno mensual de consumo de energía.
- [] Desarrollo de modelos energéticos

Parte de estos puntos que estructuran el Programa de Administración y Seguimiento de Energia han sido planteados programados en computadora con el objeto de que Johnson & Johnson del Ecuador efectue un ajuste periódico a su programa actual de manejo de energía, implementando correctivos producto de la falta de información a suplir.

Se mencionó la elaboración de un Indice alterno-mensual de consumo de energía, el objeto es debido a que el Indice actual de consumo específico posee ciertas deficiencias asociadas que pueden conducir a resultados erroneos.

Uno de los principales problemas que por lo general

esta asociado con este Índice , es la incapacidad para diferenciar entre los contribuyentes al consumo de energía en la planta.

Es por esto que se sugiere el uso alternativo del factor de carga así como el desarrollo gradual de micro-índices (índices por equipo) que dan una imagen global y particular también del uso de energía de la empresa.

- * Con respecto a la parte medular del programa de Administración de Energía, destacamos el Plan de Acción mencionado en el subcapítulo 1.4. cuya regulación en base a prioridades incluye a breves rasgos lo siguiente:

- [] Oportunidades de conservación de implantación inmediata .
- [] Proyectos para estudios futuros
- [] Ajuste del programa de Administración de Energía existente.

- * Se ha identificado los sistemas donde las mejoras de utilización de energía han sido posibles.

En la página siguiente se esboza datos de energía y costo relacionados con estas mejoras.

ITEM	DATOS DE ENERGIA			DATOS DE COSTO	
	Ahorro de energía (<u>KWH</u>) semestre	Ahorro en costo (sucres)	% de ahorros	Costo total (sucres)	Periodo simple de retorno (años)
- Reducción de Temperatura a la entrada del compresor.	1.844,77 *	12.359,9 +	2,05	15.000	1,21
- Reparación de fugas de aire comprimido.	44.068,40 *	295.258,3 +	49,01	50.000	0,17
- Reducción de la Presión de Operación del Compresor.	3.345,90 *	22.417,5 +	3,72	15.000	0,67
- Reprogramación del uso de Centrales de Climatización de las oficinas.	12.602,50	84.436,5	6,78	-----	0
- Reprogramación del uso de Centrales de Cafetería.	10.060,75	67.407,0	5,41	-----	0
- Reprogramación del equipo de Climatización del Pasillo.	1.727,77	11.576,1	0,93	-----	0

* : KWH / año

+ : Sucres / año

ITEM	DATOS DE ENERGIA			DATOS DE COSTO	
	Ahorro de energía (<u> KWH </u>) semestre	Ahorro en costo (sucres)	% de ahorros	Costo total (sucres)	Periodo simple de retorno (años)
- Reemplazo de Planchas trans-lúcidas en planta.	2.776,30	18.601,2	1,49	300.000	8
- Renovar tipo de lámpara por mas eficiente. + productividad		-----	-----	288.000	-
- Renovar tipo de lámpara por mas económica.	1.468,80	9.841,0	2,22	78.800	4
- Desconexión de Balastros sin uso	1.229,40	8.237,0	1,86	7.000	0,42
- Corrección del Factor de potencia	-----	-----	9,53	642.860	0,87

SISTEMA DE COMPRESION DE AIRE

+ Se recomienda disminuir la temperatura de entrada de aire al compresor en 50C , lo cual brindará un potencial de ahorro energético de 1.844,7 KWH.

+ Se recomienda reparar las fugas identificadas,

puesto que la permanencia de estas afecta las oportunidades de conservación de energía y a la eficiencia del sistema propiamente dicho.

También es aconsejable , como un potencial de ahorro energético, disminuir la presión de operación del compresor desde 8 bars hasta 7,5 bars. Esta medida nos reeditaría en 3.345,9 KWH / año

- + Se ha analizado el constante incremento de agua líquida en las líneas de conducción de aire comprimido y a su vez se recomienda un estudio de factibilidad de implementación de un secador frigorífico que se ubicaría a la salida del compresor. El potencial de ahorro energético de esta medida no es fácilmente cuantificable, pero inherentemente traería ahorros sustanciales.

SISTEMA DE CLIMATIZACION

- + Se recomienda, en época de verano que las unidades de 120.000 BTU/H , correspondientes a Farmacia 1 , Farmacia 2 , Contabilidad , Gerencia , Operaciones , Profesional y Servicios Sociales , sean encendidas a las 08h00 y apagadas a las 16h00 , por cuanto en esa época la temperatura dentro del edificio sería gradual, lo que permitiría un normal

desenvolvimiento en las oficinas sin atender contra el confort del personal.

Esta medida , un poco relativa, establece la posibilidad de ahorrar energía en el orden de los 12.602,47 KWH / semestre.

- + Otra recomendación en lo referente a procedimientos de operación, que no conlleva gastos de capital, consiste en establecer que las unidades de 120.000 BTU/H y 60.000 BTU/H de Cafetería , sean encendidas a las 11h00 y apagadas a las 15h00, por cuanto el uso de estas debe ceñirse estrictamente al confort del personal durante las horas de comida.
- + En cuanto a la unidad de 60.000 BTU/H instalada en el pasillo , se recomienda que su encendido se efectue a las 11h00 y su apagado a las 16h30 . La razón es que no tiene justificación el consumir mucha energía eléctrica climatizando un corredor que no esta sujeto a un intenso uso del personal. Esta medida nos permitiría un ahorro de 1.727,8 KWH/semestre.
- + Es recomendable también mencionar se estudie la posibilidad de reemplazar gradualmente las unidades de 120.000 BTU/H , por cuanto su estado funcional

es antieconómico y su vida útil esta por concluir.

- + Bajo este mismo criterio, se recomienda analizar la inversión de una unidad de refrigeración para la cámara refrigerada. Técnicamente se expuso, en el Capítulo I, la justificación que conlleva excesos en consumos de energía eléctrica.

SISTEMA DE ILUMINACION

- + Los potenciales de ahorro energético aquí identificados, demandan inversiones de uso intensivo de capital o dicho de otra forma un tanto cuantiosa e injustificada en apariencia. La razón se fundamenta en que el sistema de alumbrado es ineficiente y además consume tan solo el 10,13 % de la Energía global de la empresa, por tanto las oportunidades de conservación son mínimas ya que en el supuesto caso de aumentar la eficiencia de una muy pequeña parte del alumbrado, esto ocasionaría gastos considerables de capital los cuales reeditarían lógicamente en aumentos de productividad pero harían la decisión de inversión un tanto difícil y dirigida hacia los Directivos de la empresa, ya que su punto de vista determinará el éxito de cualquier programa de manejo de

energía.

Alrededor de este análisis se encuentra la renovación de planchas translúcidas para el techo de planta, así como la implementación de un nuevo tipo de lámparas con características más eficientes y económicas.

FACTOR DE CARGA

- + Se recomienda el uso del programa elaborado en hoja electrónica cuyo fin no es más que poner en consideración un parámetro adicional, como lo es el costo de la energía, en la planificación de la producción; evitando que ocurran grandes demandas pico cuando máquinas de gran potencia trabajen simultáneamente.

El programa tiene como base visualizar energéticamente potencias instantáneas basadas en un plan preconcebido de producción.

Ciertos costos inherentes en la implantación de esta medida son difíciles de determinar. Se requieren más estudios sobre la confrontación entre el aumento del costo de mano de obra en horas nocturnas (baja demanda pico) vs ahorros esperados de energía .

A P E N D I C E S

APENDICE A

TABLA DE HUMEDAD DE SATURACION , w_s

Los valores que figuran en los tabulados de humedad de saturación que se insertan a continuación , vienen dados en gramos de vapor de agua por kilogramo de aire seco.

Presion .-

Cada tabla se refiere a una determinada presión absoluta P , dada en atmosferas e indicada en la zona central superior.

Asi, para encontrar una humedad de saturación a presión atmosferica, se utiliza la tabla correspondiente a 1 (una) atmosfera y para encontrar el valor a 8 (ocho) atmosferas efectivas, se utilizará la tabla correspondiente a 9 (nueve) atmosferas.

Temperatura.-

Cada tabla esta dividida en dos partes. La primera corresponde a las temperaturas inferiores a 0°C , y la segunda , a temperaturas superiores a 0°C .

La columna unica dela izquierda senala las decenas de grado, y las que encabezan cada una las dos partes, las unidades de grado.

HUMEDADES DE SATURACION

Gramos de vapor de agua por Kg de aire seco

Presion Total = 1 Atm

T	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
-1	0.70577	0.77068	0.84958	0.92932	1.02224	1.11766	1.23121	1.34068	1.47491	1.62259
0	1.78919	1.91286	2.09736	2.27484	2.55189	2.70039	2.95682	3.19689	3.48274	3.77632

Presion Total = 1 Atm

T	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	3.77632	4.06436	4.37012	4.69532	5.04168	5.40235	5.80235	6.22017	6.66533	7.13796
1	7.64135	8.17538	8.74299	9.34455	9.98365	10.66220	11.38045	12.14292	12.95080	13.80612
2	14.71356	15.67268	16.68828	17.76261	18.89972	20.10201	21.37370	22.71823	24.13914	25.64094
3	27.22741	28.90244	30.67363	32.54341	34.51795	36.60366	38.80630	41.12972	43.58406	46.17482
4	48.91162	51.79975	54.88254	58.07019	61.47682	65.07765	68.86819	72.86478	77.11382	81.60430

Presion Total = 9 Atm

T	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.41734	0.44899	0.48256	0.51823	0.55618	0.59651	0.63941	0.68505	0.73361	0.78511
1	0.83990	0.89790	0.95947	1.02462	1.09371	1.16693	1.24429	1.32623	1.41287	1.50437
2	1.60122	1.70332	1.81113	1.92484	2.04482	2.17128	2.30459	2.44499	2.59282	2.74844
3	2.91213	3.08419	3.26527	3.45548	3.65530	3.86521	4.08549	4.31665	4.55916	4.81341
4	5.08010	5.35942	5.65235	5.95955	6.27991	6.61649	6.97740	7.35846	7.71893	8.12153
5	8.58150	9.00889	9.43943	9.91943	10.41901	10.94009	11.48378	12.05301	12.64601	13.24481
13	262.22260	273.63299	285.67840	298.29470	311.65576	325.49017	340.30180	356.19952	372.79130	390.38498

Tabla 2

PRESIONES DE VAPOR DE AGUA

Temperatura °C	presion de vapor mm de Hg	Temperatura °C	presion de vapor mm de Hg
-6	2,765	11	9,844
-5	3,100	12	10,518
-4	3,280	13	11,231
-3	3,590	14	11,987
-2	3,880	15	12,788
-1	4,225	16	13,634
0	4,579	17	14,530
1	4,926	18	15,477
2	5,294	19	16,477
3	5,685	20	17,535
4	6,101	21	18,650
5	6,543	22	19,827
6	7,013	23	21,068
7	7,513	24	22,377
8	8,045	25	23,756
9	8,609	26	25,209
10	9,209	27	26,739

°C : Grados centígrados
 mmHg : Milímetros de Mercurio

Fuente : E. Carnicer Royo , Aire Comprimido, Teoria y
 Calculo de Instalaciones, pag. 229., Editorial
 Gustavo Gili

Tabla 3

INDICES DE RESISTENCIA β PARA
 G KILOGRAMO DE PESO DEL AIRE
 COMPRIMIDO QUE CIRCULA A LA HORA

G	β	G	β
10	2,03	400	1,18
15	1,92	650	1,10
25	1,78	1000	1,03
40	1,66	1500	0,97
65	1,54	2500	0,90
100	1,45	4000	0,84
150	1,36	6500	0,78
250	1,26	10000	0,73

Fuente : E. Carnicer Royo , Aire Comprimido, Teoria y
 Calculo de Instalaciones, pag. 229., Editorial
 Gustavo Gili

Tabla 4

**DIMENSIONES DE LA TUBERIA DE
ACERO SOLDADA SIN COSTURA**

(cédula 40)

Diámetro nominal		Diámetro exterior	Diámetro interior	Espesor nominal
pg	cm	cm	cm	cm
1/4	0,635	1,3716	0,9246	0,2235
1/2	1,270	2,1336	1,5799	0,0254
3/4	1,905	2,6670	2,0930	0,2879
1	2,540	3,3401	2,6645	0,3378
1 1/4	3,175	4,2164	3,5052	0,3556
1 1/2	3,810	4,8260	4,0894	0,3683
2	5,080	6,0325	5,2502	0,3912
2 1/2	6,350	7,3025	6,2713	0,5156
3	7,620	8,8900	7,7927	0,5486
3 1/2	8,89	10,1600	9,0119	0,5440

pg : Pulgadas

cm : centímetros

Fuente : Refrigeración y acondicionamiento de aire,
Stoecker, Editorial Mc Graw-Hill

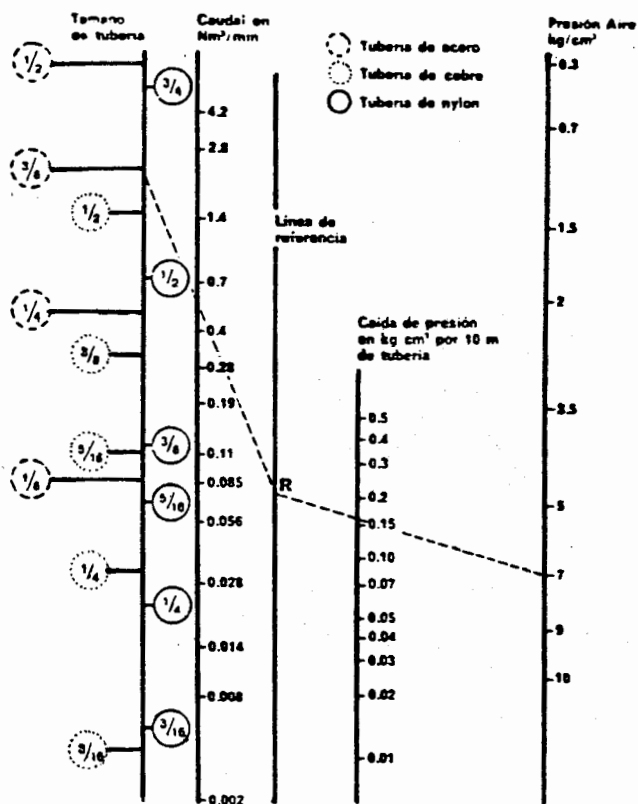
Tabla 5

DESCARGA DE AIRE LIBRE EN dm^3/s PARA
 VARIOS DIAMETROS DE ORIFICIO

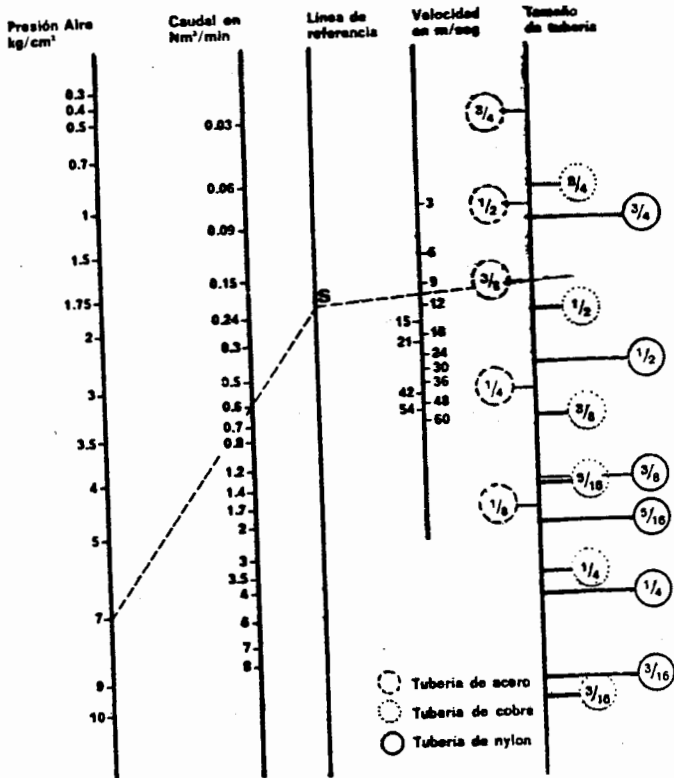
Presión manométrica (bar)	milímetros				
	0,5	1	2	3	5
0,5	0,06	0,02	0,92	2,1	5,7
1,0	0,08	0,33	1,33	3,0	8,4
2,5	0,14	0,58	2,33	5,5	14,6
5,0	0,25	0,97	3,92	8,8	24,4
7,0	0,33	1,31	5,19	11,6	32,5
8,0	0,36	1,48	5,83	13,0	36,6

Fuente : Spirax monnier, compressed air - instructional
 scheme (metric), fig . 1 ,folio four .

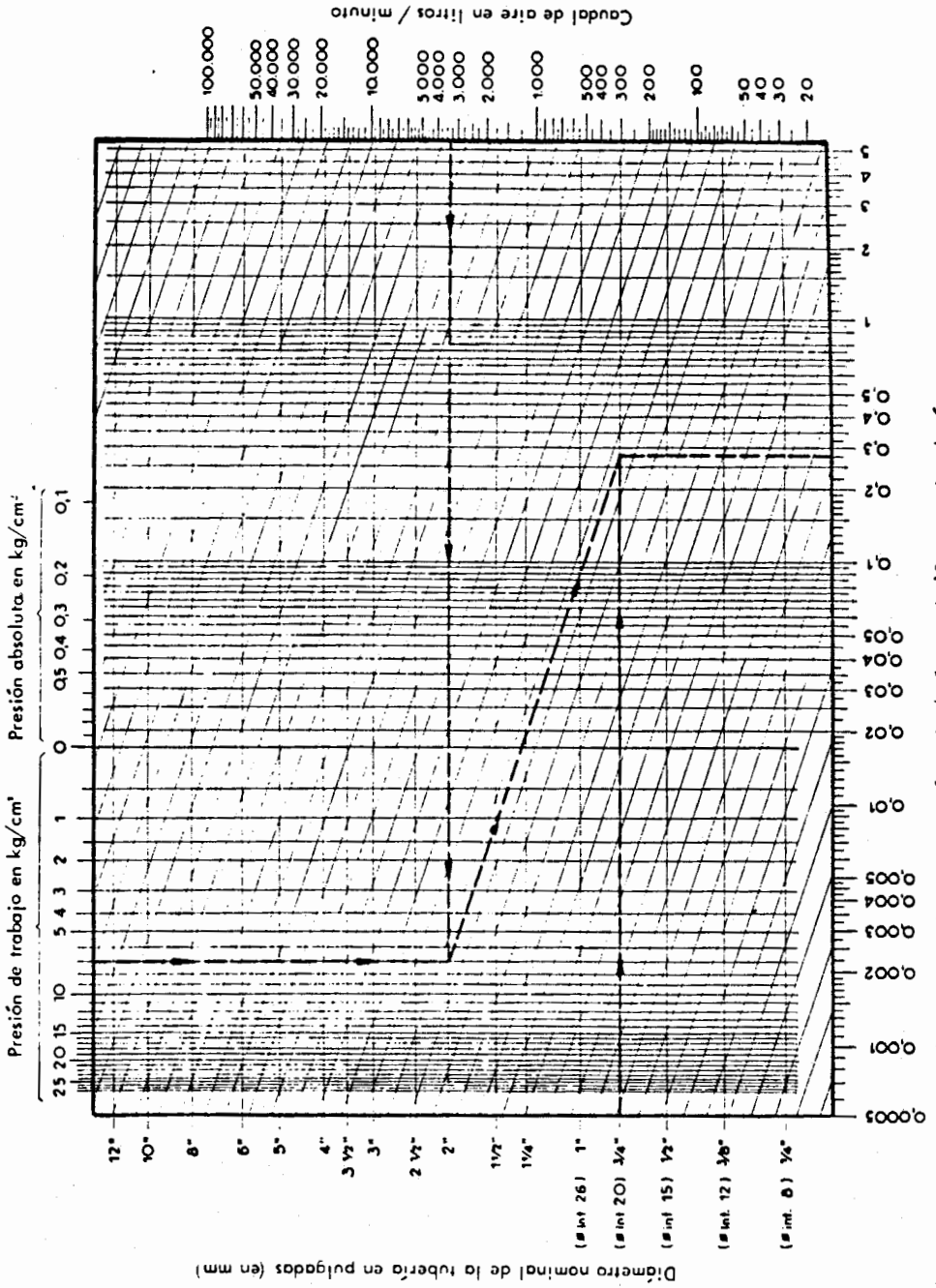
NOMOGRAMA PARA EL CALCULO DE LA PERDIDA DE PRESION EN KG/CM² POR CADA 10 m. DE TUBERIA



NOMOGRAMA PARA LA DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL AIRE EN METROS POR SEGUNDO



ABACO PARA EL CALCULO DE TUBERIAS DE AIRE COMPRIMIDO



APENDICE B

Tabla 1

COEFICIENTES DE TRANSFERENCIA CALORIFICA EN SUPERFICIES

(h_i y h_o en BTU / Hr-pie²-OF)

Descripción de la superficie	Dirección del flujo calorífico	Emisividad de la superficie (ϵ)		
		0,9	0,2	0,05
Horizontal	arriba	1,63	0,91	0,76
Horizontal	abajo	1,08	0,91	0,76
Pendiente 45°	arriba	1,60	0,88	0,73
Pendiente 45°	abajo	1,32	0,60	0,45
Vertical	horizontal	1,46	0,74	0,59
Cualquier posición (viento 15 mph)	cualquiera	6,00	....	....
Cualquier posición (viento 7,5 mph)	cualquiera	4,00	....	....

Fuente : Ingeniería del Ambito termico

Tabla 2

**PROPIEDADES FISICAS DE ALGUNOS
MATERIALES DE CONSTRUCCION**

Descripcion	calor	densidad	K _w	C
<u>Materiales aislantes</u>				
Aglomerados y recubrimientos				
-Fibras de algodón	0,31	0,8 - 2,0	0,26	....
-Lana mineral	0,16	1,5 - 4,0	0,27	....
-Fibra de madera	....	3,2 - 3,6	0,25	....
Material de relleno				
- Fibra de vidrio	0,16	4,0 - 9,0	0,25	....
- Entablado	....	20,0	0,38	....
- Vidrio celular	....	9,0	0,40	....
- Corcho	0,45	6,5 - 8,0	0,27	....
- Poliestireno	....	1,9	0,26	....
<u>Materiales de albanileria</u>				
- Cemento	0,21	140	12,0	....
- Mortero	0,19	116	5,0	....
- Ladrillo comun	0,20	120	5,0	....
- Ladrillo de fachada	0,20	130	9,0	....
Bloques huecos de cemento				
- tres corazones				
ovales 4 pulg.	....	...	...	1,40
8 pulg.	....	...	...	0,90
12 pulg.	....	...	...	0,78
<u>Materiales para techos</u>				
- Asfalto	0,35	70	...	2,27

Tabla 3

CONCESIONES PARA EFECTOS SOLARES

(Los grados Fahrenheit deben ser añadidos a la diferencia de temperatura normal para compensar los efectos solares)

Tipo de superficie	pared este	pared sur	pared oeste	techo
Superficies oscuras como :				
- pinturas negras	8	5	8	20
Superficies con colores medianos como:				
- madera sin pintar				
- ladrillo				
- cemento oscuro				
- pintura verde	6	4	6	15
Superficies con colores ligeros como :				
- Piedra blanca				
- cemento con colore ligeros				
- Pintura blanca	4	2	4	9

Fuente : Refrigeration Engineering Manual, Dunhan-Bush

Tabla 4

**CAMBIOS DE AIRE POR 24 HORAS PARA CAMARA
REFRIGERADA CON TEMPERATURAS SOBRE LOS 32ºF**

Volúmen (pies cúbicos)	Cambios de aire por 24 horas
200	44,0
250	38,0
300	34,5
400	29,5
500	26,0
600	23,0
800	20,0
1000	17,5
1500	14,0
2000	12,0
3000	9,5
4000	8,2
5000	7,2
6000	6,5
8000	5,5
10000	4,9
15000	3,9
20000	3,5
25000	3,0
30000	2,7
40000	2,3

Fuente : Refrigeration Engineering Manual, Dunhan-Bush

Tabla 5

**CALOR EXTRAIDO DEL AIRE DE ENFRIAMIENTO
A CONDICIONES INTERNAS DE LA CAMARA
(BTU por pie cubico)**

Temperatura del aire exterior en °F

Temperatura de almacenamiento	85		90		95		100		
	HR	50	60	50	60	50	60	50	60
65		0,65	0,85	0,93	1,17	1,24	1,54	1,58	1,95
60		0,85	1,03	1,13	1,37	1,44	1,74	1,78	2,15
55		1,12	1,34	1,41	1,66	1,72	2,01	2,06	2,44
50		1,32	1,54	1,62	1,87	1,93	2,22	2,28	2,65
45		1,50	1,73	1,80	2,06	2,12	2,42	2,47	2,85
40		1,69	1,92	2,00	2,26	2,31	2,62	2,67	3,06
35		1,86	2,09	2,17	2,43	3,59	2,79	2,85	3,24
30		2,00	2,24	2,26	2,53	2,64	2,94	2,95	3,35

HR : Humedad Relativa

Fuente : Refrigeration Engineering Manual, Dunhan-Bush

Tabla 6

GANANCIA DE CALOR PARA MOTORES ELECTRICOS

(BTU / Hora)

Potencia al freno (BHP)	eficiencia del motor (%)	Localización del equipo respecto al espacio acondicionado	
		motor adentro	motor afuera
		<u>HP . 2545</u> % eficiencia	<u>HP . 2545</u> % eficiencia
1/20	40	320	130
1/12	49	430	210
1/8	55	580	320
1/6	60	710	430
1/4	64	1000	640
1/3	66	1290	850
1/2	70	1820	1280
3/4	72	2680	1930
1	79	3220	2540
1 1/2	80	4770	3820
2	80	6380	5100
3	81	9450	7650
5	82	15600	12800
7 1/2	85	22500	19100

Fuente : Notas adicionales para el curso de aire acondicionado de la ESPOL, Ing. E. Donoso

Tabla 7

GANANCIA DE CALOR POR OCUPANTES

temperatura de la cámara	calor equivalente por persona, BTU/Hr
50	720
40	840
30	950
20	1050
10	1200
0	1300
-10	1400

Fuente : Refrigeration Engineering Manual, Dunhan-Bush

APENDICE C

TERMINOS Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LA ILUMINACION

BALASTO.- Es un dispositivo limitante de corriente , que provee condiciones necesarias al circuito de arranque para operar lámparas de descarga eléctrica.

COLOR.- Son las características de la luz por la cual un observador humano debiera distinguir entre dos estructuras de luz de la misma forma.

LAMPARA FLUORESCENTE.- Aquella en la cual una descarga eléctrica de energía ultravioleta excita un revestimiento de fósforo y transforma alguna de esta energía a luz visible.

ILUMINANCIA.- Es la cantidad de luz (Lux) sobre un punto en una superficie.

(es sinónimo del común -peropreciado- término "nivel de iluminación ".

LAMPARA.- Es un término genérico para una fuente de luz hecha por el hombre.

FACTOR DE PERDIDA DE LUZ.- Es el producto de todos los factores considerados que contribuyen a la depreciación del sistema de iluminación sobre un período de tiempo.

LUMEN.- Es la unidad internacional de flujo luminoso o cantidad de luz.

LUMENS / WATT .- una razón que expresa la eficacia de una fuente de iluminación.

Ejemplo :

Lámpara incandescente	.....	10 - 30	L/W
Lámpara de Mercuria	.....	50 - 60	L/W
Lámpara de Sodio -alta presion		100 - 140	L/W
Fluorescente	.....	80	L/W

LUMINARIA.- Es una unidad completa de iluminación que consiste de una o varias lámparas , junto con las partes diseñadas a contribuir con la luz, posición, protección de ella y con la conección de poder.

EFICIENCIA DE LUMINARIA.- Es la razón de los lumenes emitidos por una luminaria.

LUX.- Es la unidad de iluminación en el Sistema Internacional. O un lumen uniformemente distribuído sobre un área de un metro cuadrado.

CALCULO DE UN ALUMBRADO INTERIOR POR EL METODO DEL RENDIMIENTO DE LA ILUMINACION.-

Para el cálculo de un alumbrado interior debe partirse de los datos fundamentales relativos a:

- * Tipo de actividad a desarrollarse

- * Dimensiones y características físicas del local a iluminar

Conocidos estos datos se puede fijar la iluminación media a obtener y las condiciones de calidad que debe cumplir el alumbrado de acuerdo con los factores que influyen en la visión, para llegar a determinar el tipo de luminaria y la clase de fuente de luz mas adecuada, el sistema de alumbrado mas idóneo y la distribución mas conveniente. Con los datos anteriores se efectúan los cálculos correspondientes para hallar el flujo luminoso necesario y fijar respecto al mismo la potencia de las lámparas, el número de puntos de luz y la distribución de las luminarias.

El flujo luminoso total necesario se calcula aplicando la formula :

$$\phi_t = \frac{E_m \cdot S}{\eta \cdot f_c}$$

En la cual :

ϕ_t : Flujo luminoso total necesario (lumenes)

E_m : Iluminancia media (lux)

S : Superficie a iluminar (m²)

η : Rendimiento de la iluminacion

f_c : Factor de conservacion de la instalacion.

a) Iluminancia media (E_m)

Se fija de acuerdo con la actividad a desarrollar generalmente segun tablas confeccionadas con arreglo a los factores que influyen en la visión.

b) Rendimiento de la iluminacion (η)

Depende de dos factores principales :

* Rendimiento del local , η_b

* Rendimiento de la luminaria, η_1

Entre ellos existe la siguiente relacion:

$$\eta = \eta_b \cdot \eta_1$$

El rendimiento del local depende de las dimensiones de este y de los factores de reflexion del techo ρ_1 , paredes ρ_2 y suelo ρ_3 , (vease tabla 3) y de la forma de distribución de la luz por la luminaria (curva fotométrica)

El rendimiento de la luminaria depende de sus características constructivas y también de la temperatura ambiente del local cuando se trata de luminarias para lámparas fluorescentes normales.

Tanto la curva fotométrica como el rendimiento de la luminaria debe ser proporcionada por el fabricante de esta.

La influencia de las dimensiones del local en el rendimiento del mismo, viene dada por un índice que las relaciona, llamado índice del local K, según las fórmulas :

$$K = \frac{a \cdot b}{h (a + b)} \quad \text{para luminarias desde la } A_1 \text{ a la } C_4$$

$$K = \frac{3 (a \cdot b)}{h' (a + b)} \quad \text{para luminarias desde la } D_2 \text{ a la } D_3$$

a y b son las dimensiones de la superficie rectangular del recinto.

h' = distancia entre el plano de trabajo (0,85 metros sobre el suelo) y el techo.

c) Factor de conversión (f_c)

El factor queda determinado por la pérdida del flujo luminoso de las lámparas, debido tanto a su envejecimiento natural como al

polvo o suciedad que pueda depositarse en ellas, y a las pérdidas de reflexión o transmisión de la luminaria por los mismos motivos.

Los valores del factor de conservación oscilan entre el 0,5 y 0,8. El valor mas alto corresponde a instalaciones situadas en locales limpios, efectuadas con luminarias cerradas y lámparas de baja depreciación luminosa, en las que se efectuen limpiezas frecuentes y reposiciones de lamparas totales o por grupos, mientras que el valor mas bajo corresponde a locales polvorientos o sucios con un deficiente mantenimiento de la instalacion de alumbrado.

d) Numero de puntos de luz (N).-

Se calculó dividiendo el valor del flujo total necesario por el flujo luminoso nominal de la lampara o lamparas contenidas en una luminaria.

$$N = \phi_t / \phi_l$$

Siendo :

N : Numero de puntos de luz o luminarias

ϕ_t : Flujo luminoso total necesario

ϕ_1 : Flujo luminoso nominal de las lámparas contenidas en una luminaria

e) **Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo .-** La altura que debe tomarse para las distintas clases de iluminación viene dada por las siguientes relaciones :

Altura mínima : $h = 2/3 h'$

Altura aconsejada : $h = 3/4 h'$

Altura óptima : $h = 4/5 h'$

f) **Distancia entre luminarias (d)**

Esta en función de la altura h sobre el plano de trabajo.

- Para luminarias con distribución intensiva $d \leq 1,2 h$

- Para luminarias con distribución semi-intensiva $d \leq 1,0 h$

- Para luminarias con distribución extensiva $d \leq 1,6 h$

La selección del tipo de luminaria con respecto a la altura del local se hace de la siguiente forma ;

Altura del local	tipo de luminaria
- hasta 4 metros	extensiva
- de 4 a 6 metros	semi-extensiva
- de 6 a 10 metros	semi-intensiva
- mas de 10 metros	intensiva

Tabla 1

NIVELES DE ILUMINACION SUGERIDOS COMUNMENTE

<u>Area</u>	<u>LUX</u>
- Proceso y Manufactura	
Areas Generales	540
Pesaje, Mezclado	320
Area de Paletizado	320
Vestidores, banos	220
Almacenaje (inactivo)	54
Almacenaje (activo)	
rudo , pesado	110
medio	220
- Empaque	
Llenado , empaquetado marcado, doblado	540
- Bodega	
de almacenamiento	160-270
frío	180
- Laboratorios	
Areas de trabajo	1100
- Oficinas	
Ofic. Generales	750-1100
Ofic. Privadas	750
Sala de conferencias	750
Sala de dibujo	1000
Sala de computador	1000
Recepcion	325
Banos	325
Escaleras, corredores	220
- Mantenimiento	
Bodega	540
Subestacion electrica	220
- Cafeteria	540

Tabla 2

**FACTORES DE REFLEXION DE DISTINTOS COLORES
Y MATERIALES PARA LUZ BLANCA**

COLOR	FACTOR DE REFLEXION
Blanco	0,70 - 0,85
Techo acustico blanco	0,50 - 0,65
Gris claro	0,40 - 0,50
Gris oscuro	0,10 - 0,50
Negro	0,03 - 0,07
Crema, Amarillo claro	0,50 - 0,75
Marron claro	0,30 - 0,40
Marron oscuro	0,10 - 0,20
Rosa	0,45 - 0,55
Rojo claro	0,30 - 0,50
Rojo oscuro	0,10 - 0,20
Verde claro	0,45 - 0,65
Azul claro	0,40 - 0,55
MATERIAL	
Mortero claro	0,35 - 0,55
Mortero oscuro	0,20 - 0,30
Hormigon claro	0,30 - 0,50
Ladrillo claro	0,30 - 0,40
Ladrillo oscuro	0,15 - 0,25
Marmol blanco	0,60 - 0,70
Madera clara	0,30 - 0,60
Aluminio mate	0,55 - 0,60
Acero pulido	0,65 - 0,85

Fuente : Iluminacion, General Electric , Tabla 20-3 ,
pag. 265.

Tabla 3

RENDIMIENTOS DEL LOCAL

(Curva de Distribucion luminosa A 1.2.)

Techo f_1	0,8			0,5	
Pared f_2	0,8	0,5	0,3	0,5	0,3
Techo f_3		0,1			
Indice del local, K					
0,60	0,68	0,47	0,41	0,47	0,41
0,80	0,80	0,59	0,53	0,68	0,52
1,00	0,87	0,67	0,61	0,65	0,60
1,25	0,92	0,75	0,68	0,73	0,68
1,50	0,96	0,80	0,73	0,77	0,72
2,00	1,00	0,86	0,80	0,84	0,79
2,50	1,02	0,91	0,85	0,88	0,83
3,00	1,04	0,94	0,89	0,91	0,87
4,00	1,05	0,97	0,94	0,95	0,91
5,00	1,06	1,00	0,96	0,97	0,94

Fuente : Iluminacion, General Electric , Tabla 20-3 , pag. 266 a 268.

Tabla 4

TIPOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES

CODIGO	DESCRIPCION	LONGITUD NOMINAL (pulg.)	VIDA APROXIMADA (horas)	LUMENES INICIALES
Lámparas de encendido instantaneo				
Vatíaaje nominal : 40 W				
F40T12/CW /IS	Cool White	48	7500	3100
F40T12/D /IS	Daylight	48	7500	2500
F40T12/WW /IS	Warm White	48	7500	3100
Lámparas economicas de encendido instantaneo				
Vatíaaje nominal : 23 W				
F42T8 /CW /EW	Cool White	42	7500	1800
F42T8 /CWX/EW	De luxe	42	7900	1250
F42T8 /D /EW	Daylight	42	7500	1560
F42T8 /WW /EW	Warm White	42	7500	1800
Lámparas de alto rendimiento				
Vatíaaje nominal : 110 W				
F96T12/CW /HO	Cool White	96	12000	9200
F96T12/CW /RFL/HO	Cool White	96	12000	7550
F96T12/D /HO	De luxe	96	12000	6600
F96T12/W /HO	White	96	12000	9200
Lámparas economicas de alto rendimiento				
Vatíaaje nominal : 95 W				
F96T12/CW /HO/EW	Cool White	96	12000	8300
F96T12/D /HO/EW	Daylight	96	12000	7200
F96T12/W /HO/EW	White	96	12000	8500

Fuente : Lamp Catalog, North American Philips Lighting Corporation, pg. 28.

APENDICE D

Tabla 4

HORARIO DE OCUPACION DEL SECTOR

Personal : Oficina

07 h 45	Comienzan a llegar los primeros empleados
08 h 00	Inicio de horario de trabajo par oficina
09 h 30	Fin opcional de horario de trabajo Coffee - Break
10 h 00	Finaliza el Coffee - Break Continual horario normal
13 h 00	Fin parcial del horario normal Almuerzo
13 h 30	Finaliza el Almuerzo Continual e horario normal
16 h 30	Finalización total de horario de trabajo

Personal : Farmacia

07 h 15	Comienzan a llegar los primeros empleados
07 h 30	Inicio de horario de trabajo
09 h 00	Fin Parcial de horario de trabajo Coffee - Break
09 h 15	Finaliza el Coffee - Break Continua el horario normal
12 h 00	Fin Parcial de horario de trabajo Almuerzo
12 h 30	Fin de Almuerzo Continual e horario de trabajo
16 h 00	Finalización Total de horario (Turno 1)

Personal : Bodega

07 h 15	Comienzan a llegar los primeros empleados
07 h 30	Inicio de horario de trabajo
09 h 00	Fin de horario de trabajo Coffee - Break

Tabla 4 (continuación)

09 h 15	Finaliza el Coffee - Break Continúa el horario normal
12 h 00	Fin Parcial de horario de trabajo Almuerzo
12 h 30	Fin de Almuerzo Continúa el horario normal de trabajo
16 h 00	Finalización total de horario de trabajo (Turno 1)

Personal : Planta

07 h 15	Comienzan a llegar los primeros empleados
07 h 30	Inicio de horario de trabajo
09 h 00	Fin Parcial de horario de trabajo Coffee - Break
09 h 15	Finaliza el Coffee-Break Continúa el horario normal de trabajo
12 h 00	Fin parcial de horario de trabajo Almuerzo
12 h 30	Fin de Almuerzo Continúa el horario normal de trabajo
14 h 15	Finalización total de horario de trabajo (Turno 1) Comienzan a llegar los empleados del Turno 2
14 h 30	Inicio del horario de trabajo
18 h 00	Fin parcial de horario de trabajo Merienda
18 h 30	Fin de Merienda Continúa el horario normal
20 h 00	Fin Parcial de horario de trabajo Break
20 h 15	Finaliza el Break Continúa el horario normal
23 h 15	Finalización total de horario de trabajo (Turno 2)
24 h 00	Fin parcial de horario de trabajo Cena
00 h 30	Fin de Cena Continúa el horario normal
05 h 00	Fin Parcial de horario de trabajo Break
05 h 15	Finaliza el Break Continúa el horario normal
07 h 15	Finalización total de horario de trabajo (Turno 3) Comienzan a llegar los empleados del Turno 1.

APENDICE E

Figura 1

COEFICIENTE DE CONVECCION EN RELACION CON LA VELOCIDAD DEL VIENTO PARA LA CONVECCION FORZADA SOBRE LAS SUPERFICIES CILINDRICAS

COEFICIENTE DE CONVECCION, h_c (Btu/pl² h °F)

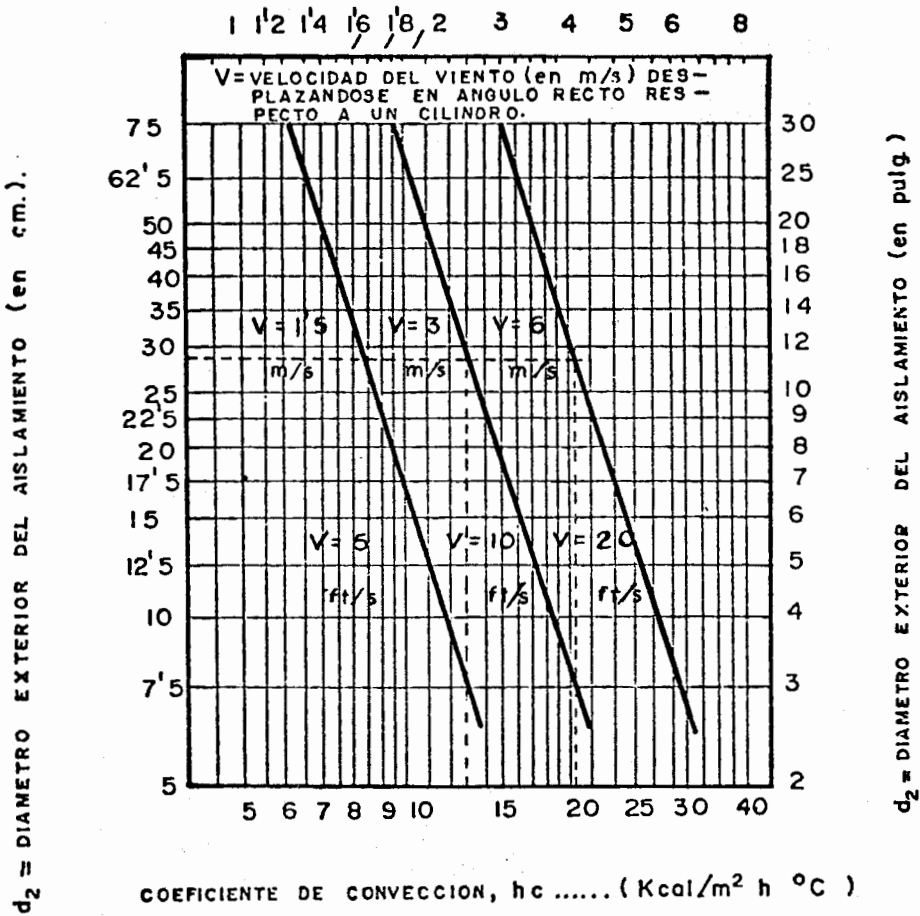
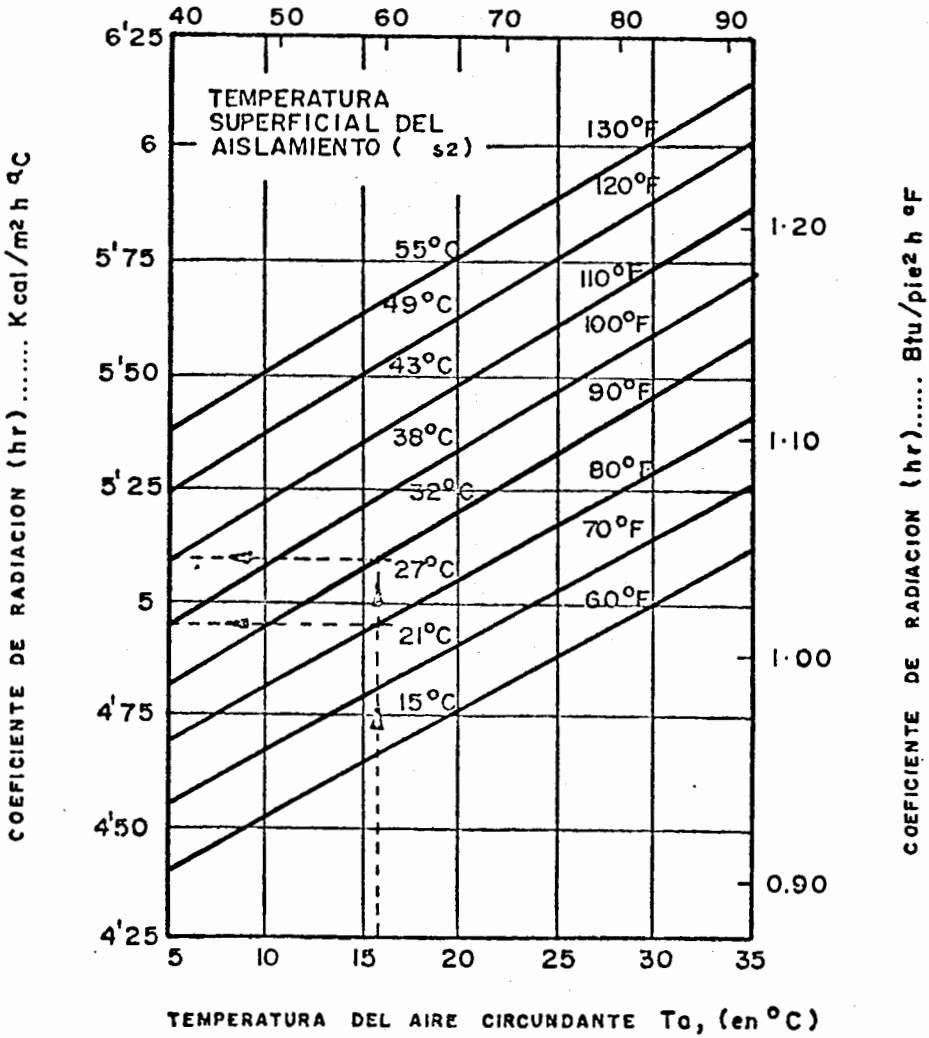


Figura 2

COEFICIENTE DE RADIACION 0
FACTOR DE TEMPERATURA (h_r)

TEMPERATURA DEL AIRE CIRCUNDANTE T_a , (en °F)



DETERMINACION DEL COSTO INCREMENTAL

- 1.- Seleccionar el ϕ del tubo aplicable
- 2.- Obtener el precio instalado (P_1) para un espesor en el limite mas bajo del rango de espesores de capa simple (W_1), anotar W_1 y P_1 en hoja de trabajo.
- 3.- Obtener el precio instalado (P_2) para un espesor en el limite superior del rango de espesores de capa simple (W_2). Anotar los valores de W_2 y P_2 en la hoja de trabajo.
- 4.- Repetir los pasos 2 y 3 para capa doble
- 5.- Calcular los costo incrementales de aislamiento m_{c1} y m_{c2} .

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LOS ESPESORES OPTIMOS DE AISLAMIENTO

- 1.- Calcular la temperatura media del aislamiento (en grados centigrados).

$$T_m = (T_p + T_a) / 2$$

- 2.- Anotar la conductividad térmica del aislamiento usando curvas o tablas disponibles.

$$K = \underline{\hspace{2cm}} \text{ en Kcal-cm / Hr-m}^2\text{-}^\circ\text{C}$$

- 3.- Calcular la diferencia total de temperatura.

$$T_t = T_p - T_a$$

- 4.- Anotar las horas de operación anuales

$$Y = \underline{\hspace{2cm}}$$

- 5.- Encontrar D_p para superficies cilíndrica.

$$D_p = 6,28 \times 10^{-8} \cdot K \cdot \Delta T_t \cdot Y \cdot M$$

donde: M = Costo total anual de calor en sucres / Kcal

- 6.- Determinar B_3 usando la razón de retorno sobre el costo de aislamiento, i_3 y el periodo de vida del aislamiento n_1 .

$$B_3 = \frac{i_3 (1 + i_3)^{n_1}}{(1 + i_3)^{n_1} - 1}$$

7. Anotar el costo incremental del aislamiento para capa simple.

$$m_{c1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

8.- Encontrar Z_p para tubos

$$Z_p = D_p / 1,1 m_c \cdot B_3$$

9.- Calcular $K.R_s$ (0,14 es un valor tipico par R_s).

10.- Encuentre el espesor óptimo usando la Figura 5.2.

11.- Si el espesor económico optimo encontrado en el paso 10 esta dentro del rango de capa simple (correspondiente al costo incremental de capa simple m_{c1} , usado en el paso 7 , el espesor mas correcto . Si el espesor esta mas alla del rango de capa simple, repetir el procedimiento desde el paso 7, usando el costo incremental de capa doble m_{c2} .

PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DE PERDIDAS DE CALOR Y AHORRO ENERGETICO EN TUBERIAS CON AISLAMIENTO DETERIORADO

Notas de calculo

- (i) REDUCCION DE PERDIDAS CON EL AISLAMIENTO
Se considera que se aísla la superficie
expuesta usando el " espesor económico
de aislamiento ". Si se propone
aislamiento sobre una superficie con
aislamiento original, use un valor de
reduccion de 70 %.
- (ii) LONGITUD EQUIVALENTE DE ACOUPLE DE
TUBERIAS .- Añadase 15 % a la longitud
de la tubería (así se incluye el
efecto de uniones, acoples, etc,).

Datos

- (i) HORAS DE OPERACION.-
use el # de horas anuales que ha usado
la porcion sin aislamiento del sistema
de distribución de vapor.
- (ii) EFICIENCIA DEL CALDERO.-
Use el valor medido o estimado.

Calculos

- (i) AHORROS DE ENERGIA.- Efectue los cálculos para cada porción de tubería sin aislamiento, luego sume los ahorros individuales.

Hoja de datos

- (i) LONGITUD DE TUBERIA EXPUESTA.- Añádase, de ser apropiado , 15 % a la longitud medida , para incluir, el efecto de uniones , acoples , etc.
- (ii) PERDIDAS DE CALOR (Kcal / hr-m)
Use Tabla 1 para determinar las pérdidas de calor de la tubería al aire circundante.
- (iii) PERDIDAS DE CALOR (Kcal / hr)
Multiplíquese las pérdidas unitarias (Kcal / hr-m) por la longitud de la tubería para determinar las pérdidas horarias.

Tabla 1

**PERDIDA DE CALOR DE TUBERIAS
HORIZONTALES DESCUBIERTAS**

Diferencia de Temperatura entre el tubo y aire (°C)	Pérdida de calor , Kcal/hr-m , al diámetro de la tubería en milímetros						
	25	32	40	50	65	80	100
56	68,1	88,9	93,0	114,0	133,1	162,0	200,0
67	86,0	105,2	117,1	144,1	170,2	203,2	255,3
78	105,2	128,1	143,2	175,2	207,2	256,2	310,2
89	126,2	154,2	176,1	212,2	249,3	298,3	373,3
100	145,1	179,0	201,2	245,2	290,1	344,2	431,4
111	170,2	207,2	233,3	287,3	337,2	403,2	514,3
125	200,0	245,2	276,3	339,1	399,4	477,3	600,4
139	234,2	286,1	321,2	394,4	464,4	535,4	701,5
153	268,2	329,3	369,3	454,3	536,3	642,4	808,5
167	307,1	376,2	421,1	518,4	613,5	721,5	940,7
180	351,3	425,2	478,2	581,5	695,5	825,5	1023,6

Fuente : Industrial Energy Auditing Manual,
Hagler , Bailly & Cia, USAID, 1984

BIBLIOGRAFIA

- 1 .- INE , Seminario Introductorio al programa de Auditorías Energéticas en Empresas Industriales , Instituto Nacional de Energía , 1985
- 2 .- SIXTH LATIN AMERICAN ENERGY STEERING COMMITTEE MEETING. , Quito , Junio 3-8 , 1986 , Procedimientos Energéticos , por J. Chalen Ponce , Johnson & Johnson Ecuador
- 3 .- HAGLER , BAILLY & Cia., Industrial Energy Auditing Manual , 1984.
- 4 .- E. CARNICER ROYO., Aire Comprimido . Teoría Cálculo e instalaciones (2da edición; Madrid: Gustavo Gili , 1970)
- 5 .- STOECKER Y ., Refrigeración y Acondicionamiento de aire (3ra edición ; Mexico : McGraw-Hill, 1981).
- 6 .- SPIRAX MONNIER ., Compressed Air Instructional Scheme , (Vol. No 4 , 1982)
- 7 .- DUNHAM-BUSH ., Refrigeration Engineering Manual , 1984.
- 8 .- DONOSO E. , Notas Adicionales del Curso de Aire Acondicionado , Espol , 1980
- 9 .- GENERAL ELECTRIC ., Iluminacion , McGraw-Hill ,1978
- 10.- PHILIPS LIGHTING CORPORATION ., Lamp Catalog , 1983
- 11.- ATLAS COPCO ., Manual de Instrucciones para compresores estacionarios de tornillo , 1981
- 12.- GUAMAN K ., "Optimización de Espesores Optimos de Aislamiento térmico en Centrales de vapor " (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica , 1984.