

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

CONSULTORIA PARA EL CONSUMO RACIONAL DE
ENERGIA ELECTRICA EN LA CIUDAD
DE VILLAVICENCIO

1996

002

442

CONSULTORIA PARA EL CONSUMO RACIONAL DE ENERGIA
ELECTRICA EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO

JORGE A. ORDOÑEZ AZUERO
AUDITOR ENERGETICO

SANTAFE DE BOGOTA, JULIO 22 DE 1996

25 JUL 1996
R/ yady U.

TABLA DE CONTENIDO

		Pág.
1.	ASPECTOS GENERALES DE VILLAVICENCIO	1
1.1.	Situación Geográfica y Clima	1
1.2.	Población	2
1.3.	División político Administrativa	3
1.4.	Economía	3
1.4.1.	Agricultura	3
1.5.	Servicios públicos	4
1.5.1.	Acueducto y Alcantarillado	4
1.5.2.	Energía	5
2.	BALANCE ENERGETICO DE LA CIUDAD	
2.1.	Fuentes de Energía	6
2.2.	Oferta de Energía	12
2.2.1.	Oferta de Energía Eléctrica.....	12
2.2.2.	Oferta de combustibles	22
2.3.	Demanda de Energía.....	30
2.3.1.	Sector residencial	30
2.3.2.	Sector Privado	31
2.3.3.	Sector Oficial	37
2.3.4.	Sector Acueducto	44
2.4.	Balance de Energía	57
3.	DIAGNOSTICO ENERGETICO DE LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO	59
3.1.	Iluminación	59
3.1.1.	Sector residencial	59
3.1.2.	Sector Alumbrado público	59
3.1.3.	Sectores comercial y oficial	60
3.1.4.	Arquitectura de la ciudad	60
3.2.	Acueducto	61
3.2.1.	Motores de bombas	61
3.2.2.	Redes de tubería del acueducto	61

	Pág.
4.3.	MAE-3. Cambio de bombillería T12 a bombillería T8 en el sector comercial y oficial 81
4.3.1.	Aspectos técnicos 81
4.3.2.	Potenciales de Ahorro de Energía 81
4.3.3.	Potenciales de Ahorro económicos 81
4.3.4.	Costos de Implementación 82
4.3.5.	Recuperación Simple de inversión 82
4.4.	MAE-4. Diseño y Coordinación de proyectos de arquitectura solar eficiente 83
4.4.1.	Aspectos técnicos (Arquitectura Bioclimática) 84
4.4.1.1.	Objetivos para la Arquitectura 85
4.4.1.2.	Sistemas de ventilación y tratamiento del aire 86
4.4.1.2.1.	Sistemas generadores del movimiento del aire 87
4.4.1.2.2.	Sistemas de tratamiento del aire 88
4.4.1.3.	Sistemas especiales lumínicos 89
4.4.1.3.1.	Componentes de Conducción 90
4.4.1.3.2.	Componentes de paso..... 91
4.5.	MAE-5. Cambio de motores de bombas por motores de alta eficiencia 97
4.5.1.	Aspectos técnicos 97
4.5.2.	Potenciales de Ahorro de Energía 99
4.5.3.	Potenciales de Ahorro económicos 99
4.5.4.	Costos de Implementación 99
4.5.5.	Recuperación simple de inversión 99
4.6.	MAE-6. Corrección de Factores de Potencia 100
4.6.1.	Aspectos técnicos 100
4.6.2.	Potenciales de Ahorro de Energía 100
4.6.3.	Potenciales de Ahorro económicos 100
4.6.4.	Costos de Implementación 100
4.6.5.	Recuperación simple de inversión 101
4.7.	MAE-7. Cambio gradual de tubería en el acueducto..... 102
4.7.1.	Aspectos técnicos 102
4.7.2.	Potenciales de Ahorro de Energía 102
4.7.3.	Potenciales de Ahorro económicos 103
4.7.4.	Costos de Implementación 103
4.7.5.	Recuperación simple de inversión 103

	Pág.
4.8.	MAE -8. Ajustadores de Frecuencia para Motores 104
4.8.1.	Aspectos técnicos 104
4.8.2.	Potenciales de Ahorro de Energía 105
4.8.3.	Potenciales de Ahorro económicos 105
4.8.4.	Costos de Implementación 105
4.8.5.	Recuperación simple de inversión 105
4.9.	MAE-9. Cambio de equipos actuales por equipos de refrigeración eficientes 106
4.9.1.	Aspectos técnicos (Sistemas de absorción) 106
4.9.2.	Desventajas 107
4.9.3.	Ventajas 107
4.9.4.	Equipo de Absorción y operación 107
4.9.4.1.	Evaporador 108
4.9.4.2.	Absorbedor 108
4.9.4.3.	Concentrador 109
4.9.4.4.	Condensador 109
4.9.4.5.	Intercambiador de calor 110
4.9.4.6.	Controles 110
4.9.5.	Aplicaciones 110
4.9.6.	Unidades de calentamiento y enfriamiento por absorción 111
4.9.7.	Potenciales de Ahorro de Energía 112
4.9.8.	Potenciales de Ahorro económicos 112
4.9.9.	Costos de Implementación 112
4.9.10.	Recuperación simple de inversión 112
4.10.	MAE-10. Cambio de equipos de aire acondicionado Eléctrico por equipos de gas natural 113
4.10.1.	Aspectos técnicos 113
4.10.2.	Potenciales de Ahorro de Energía 113
4.10.3.	Potenciales de Ahorro Económicos..... 114
4.10.4.	Costos de Implementación 114
4.10.5.	Recuperación simple de inversión 114
4.11.	MAE-11. Conversión de sistemas de aire acondicionado convencional por uno acoplado por tierra 115
4.11.1.	Aspectos técnicos 115
4.11.2.	Diseño del sistema 116

	Pág.
4.11.3.	El intercambiador de calor 117
4.11.3.1.	Materiales del intercambiador de calor 117
4.11.4.	Enlace de Tierra Vertical 117
4.11.5.	Enlace de Tierra Horizontal 118
4.11.6.	Evaluación de Computación 119
4.11.7.	Localización apropiada de la tubería subterránea 119
4.11.8.	Selección de la bomba de circulación 120
4.11.9.	Protección de congelamiento 122
4.11.10.	Potenciales de Ahorro de Energía 123
4.11.11.	Potenciales de Ahorro económicos 123
4.11.12.	Costos de implementación 123
4.11.13.	Recuperación simple de inversión 123
4.12.	MAE-12. Cogeneración en la Industria 124
4.12.1.	Aspectos técnicos (Alternativas de cogeneración) 124
4.12.2.	Métodos para análisis económicos de cogeneración en la Industria 128
4.12.2.1.	Consideraciones acerca de costos 129
4.12.2.2.	Costos totales de instalación 129
4.12.2.3.	Costos de operación y mantenimiento 130
4.12.2.4.	Costo de combustible y costo de electricidad 130
4.12.2.5.	Costos de financiación de capital 131
4.12.2.6.	Efecto de la Inflación 131
4.12.2.7.	Escalamientos de Costos 132
4.12.2.8.	Análisis de rentabilidad 132
4.12.2.9.	Valor temporal del dinero 132
4.12.2.10.	VPN 133
4.12.2.11.	Otros costos 133
4.12.2.12.	Ingresos por cogeneración 133
4.12.2.13.	Vida útil 134
4.12.2.14.	Periodo de retorno 134
4.12.2.15.	TIR 134
4.12.2.16.	El período de retorno de la inversión 134
4.12.3.	Ventajas de la cogeneración en la industria 135
4.12.4.	Aplicabilidad de la cogeneración en un molino arrocero 137
4.12.4.1.	Potencial de aplicación en la región 138
4.12.4.2.	Costos de Instalación 138
4.12.4.3.	Costos de operación y mantenimiento 139
4.12.4.4.	Análisis Económico 139
4.12.4.4.1.	Potenciales de Ahorro de Energía 139

	Pág.
4.12.4.4.2.	Potenciales de Ahorro Económicos 139
4.12.4.4.3.	Costos de Implementación 140
4.12.4.4.4.	Recuperación Simple de inversión 140
4.13.	Tabla de Resumen de las MAE. 141
5.	FORMULACION DEL PLAN LOCAL DE USO RACIONAL DE ENERGIA 142
5.1.	Campañas para implementar el plan URE 142
5.1.1.	Información 142
5.1.2.	Educación 143
5.1.3.	Motivación 143
5.2.	Propuesta financiera para la ejecucion del plan 148
BIBLIOGRAFIA 149

ANEXOS

LISTA DE GRAFICOS

		Pág.
GRAFICO 1.	Crecimiento de usuarios en el meta 1986-1994	13
GRAFICO 2.	Demanda total MWH 1986-1994	14
GRAFICO 3.	Consumo Electricadora del Meta 1986-1994	15
GRAFICO 4.	Consumo sectores Villavicencio 1994	15
GRAFICO 5.	Consumo mensual por sectores en Villavicencio 1994	16
GRAFICO 6.	Demanda máxima EMSA, día normal y en cosecha 1995	17
GRAFICO 7.	Usuarios por sector en 1995	18
GRAFICO 8.	Costo MWH 1986-1994	19
GRAFICO 9.	Valor tarifa promedio 1986-1994	20
GRAFICO 10.	Indice anual de pérdidas 1988-1995	21
GRAFICO 11.	Usuarios por sector 1995	23
GRAFICO 12.	Consumo mensual promedio por sectores 1995	24
GRAFICO 13.	Consumo mensual por sectores en 1995	25
GRAFICO 14.	Consumo de gas por sectores de 1995	25
GRAFICO 15.	Costo por sectores 1995	26
GRAFICO 16.	Consumo promedio mensual por estratos 1995	27
GRAFICO 17.	Consumo promedio por estratos 1995	28
GRAFICO 18.	Costo mensual por sector 1995	29
GRAFICO 19.	Usuarios del sector privado, comercial e industrial	32
GRAFICO 20.	Consumo mensual promedio de energía	33
GRAFICO 21.	Costo promedio de energía	34
GRAFICO 22.	Demanda promedio	35
GRAFICO 23.	Consumo mensual promedio horas pico y horas normales	36
GRAFICO 24.	Consumo mensual promedio HR (KWH) y HP (KWH)	37
GRAFICO 25.	Demanda Promedio mensual (KW)	39
GRAFICO 26.	Consumo mensual promedio reactiva	40
GRAFICO 27.	Costo promedio mensual	41
GRAFICO 28.	Número de usuarios del sector oficial	42
GRAFICO 29.	Consumo promedio en diciembre de 1995	43
GRAFICO 30.	Consumo mensual por estación 1994-1995	45
GRAFICO 30A.	Consumo mensual por estación 1994-1995	46
GRAFICO 31.	Consumo mensual energía reactiva	47
GRAFICO 32.	Demanda máxima mensual por estaciones	49
GRAFICO 32A.	Demanda máxima mensual por estaciones	49

	Pág.
GRAFICO 33.	Consumo mensual horas-pico por estación 50
GRAFICO 34.	Energía total consumida por estación cada mes 52
GRAFICO 35.	Factores de potencia mensual 53
GRAFICO 36.	Costo mensual en estaciones 1994 54
GRAFICO 36A.	Costo mensual en estaciones 1994 55
GRAFICO 37.	Costo total por estación en 1994 56
GRAFICO 38.	Ajuste entre requerimientos de proceso y ECS cuando la relación potencia/calor del ECS es menor que la requerida125
GRAFICO 39.	Relación de ahorro de combustible/energía y la relación potencia calor para la temperatura de 180 °C (350 °F) 126

1. ASPECTOS GENERALES DE VILLAVICENCIO

1.1. Situación Geográfica y Clima

Villavicencio es la capital del departamento del Meta situada en la margen izquierda del río Guatiquía, en el piedemonte de la cordillera oriental a los 4° 09' de latitud norte y 73° 39' de longitud al oeste de Greenwich.

Altura sobre el nivel del mar : 467 m.

Valores medios mensuales de Temperatura media (°C) :

Año	Est.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Vr. año
1994	2	26.5	27.0	26.3	25.1	25.2	24.9	24.3	24.2	25.3	25.5	25.5	25.8	25.5
1995	1	26.8	28.6	26.6	26.0	25.5	24.6	24.8	25.4					26.0
Medios		26.2	26.9	26.4	25.4	24.9	24.2	23.9	24.4	25.0	25.1	25.1	25.4	25.2
Maxim.		27.3	28.6	28.9	26.9	26.0	25.1	24.8	25.4	26.0	26.0	25.9	26.2	28.9
Mínim.		24.6	25.1	25.0	24.2	23.7	22.6	22.4	23.2	24.2	24.4	24.3	24.0	22.4

Valores medios mensuales de humedad relativa (%) :

Año	Est.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Vr. año
1994	2	68	66	75	81	83	82	83	81	78	80	80	76	77
1995	1	67	55	75	79	81	84	80	79					75
Medios		69	66	72	79	82	83	82	80	78	79	80	76	77
Año	Est.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Vr. año
Maxim.		78	74	81	86	85	89	89	85	83	83	85	84	89
Mínim.		60	51	53	72	77	79	78	77	74	75	75	72	51

Su clima se caracteriza por las altas temperaturas y elevada humedad ambiental.

Villavicencio limita al norte con El calvario y Restrepo, al oriente con Puerto López, por el sur con San Carlos de Guaroa y Acacías, y por el occidente con Acacías y el departamento de Cundinamarca.

El territorio municipal está formado por dos regiones bien definidas; la noroccidental alta y accidentada, como consecuencia de las notorias irregularidades de la cordillera oriental de los Andes, cuyas elevaciones alcanzan más de 4.000 m sobre el nivel del mar; la segunda constituida por una planicie ligeramente inclinada de occidente a oriente y rodeada al norte por el río Guatiquía y al sur por el Guayuriba; la parte central está bañada por los ríos Ocoa y Negro a más de numerosos caños y corrientes menores. Según la topografía del territorio de sus pisos térmicos se distribuyen en cálido 1.149 km², medio 88 km², frío 21 km² y páramo 4 km².

Entre las características hidrográficas el departamento del Meta tiene más de 2.000 km. en cauces por donde se desplaza el agua. Los más importantes ríos son entre otros : Meta, Guayabero, Duda, Manacacías, Yucao, Guatiquía, Guayuriba, Ariari y Guacabía; Los cuales tienen su origen en la alta cordillera oriental y la serranía de la macarena. También se encuentran algunos lagos y lagunas en la cordillera oriental particularmente en su parte alta. En la Llanura aluvial existen pantanos donde viven gran cantidad de especies faunísticas.

El sistema hidrográfico que irriga el departamento pertenece a la cuenca del río orinoco. La mayoría de los ríos que conforman ésta cuenca comienzan su canalización en las partes altas de la cordillera oriental y de la serranía de la macarena, luego recorren la llanura y la altillanura hasta desembocar en el Orinoco. En el sector norte de la cordillera, se encauzan los ríos Blanco y Negro que junto con el río Guatiquía, que nace en el páramo de chingaza, y el río Humea, desembocan en el mismo sitio que el río Metica; todos ellos conforman la gran subcuenca del río Meta.

La subcuenca del río Meta capta y drena el 60% de las aguas que bañan el departamento. Se erige como una de las más importantes, puesto que irriga todas las tierras del nordeste y parte del centro del departamento. El cauce principal es una de las más importantes arterias fluviales debido a su carácter navegable, lo cual permitió construir un importante terminal fluvial en la cabecera municipal de Puerto López. También, los suelos que irriga son de alta productividad de acuerdo con el fin agrícola y/o pecuario.

El agua de las lluvias incrementa el caudal de los ríos, arroyos y caños los que a su vez originan desbordamientos. Estos pueden causar perjuicios con las inundaciones a centros poblados y campos cultivados, aunque también fertilizan los suelos con el depósito de limo. Los valles y vegas de los ríos Manacacías, Metica y Meta; han sido durante mucho tiempo utilizados para la producción de alimentos tales como el arroz, el ajonjolí, la soya y otros.

En los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y en algunos años hasta mitad de abril, el campesino prepara la tierra y con las primeras lluvias comienza a sembrar, para cosechar en los meses de agosto-noviembre que es el período de mayor lluvia del año.

1.2. Población

La población para finales de 1992 se estableció en 325.000 habitantes, de los cuales el 90% se encuentra ubicado en cabecera municipal y el 10 % en área rural. En el caso del departamento del Meta, la población en 1992 era de 620.000 habitantes.

1.3. División Político-Administrativa

El departamento del Meta se encuentra conformado por 28 municipios y 81 inspecciones de policía.

En cuanto a los círculos notariales, en el Meta se han establecido 6; cada círculo atiende un promedio de cuatro municipios, aunque el municipio de Granada atiende 5 municipios.

1.4. Economía

Dentro del marco económico del departamento del Meta se encuentran en primer plano la agricultura y la ganadería. Sin embargo el petróleo presenta un alto nivel de colaboración con respecto a las grandes regalías que aporta esta industria al departamento.

En un plano secundario existen otras fuentes de ingresos para la población, como la pesca, la explotación de minerales metálicos y no metálicos (carbón, sal, cal) y la explotación de bosques.

Debido al objetivo de este estudio, se destacará la actividad agropecuaria, ya que ésta representa a nivel industrial grandes consumos de energía eléctrica.

1.4.1. Agricultura

El departamento del Meta tiene un espacio agrícola muy dinámico puesto que lo posibilita las características edafológicas y la localización en el piedemonte y en los valles aluviales de los ríos Ariari, Guayabero, Duda y otros; también, se encuentra dentro de un ambiente atmosférico favorable. Estas dos condiciones: fertilidad del suelo y buenas características climatológicas facilitan y estimulan la población del Meta en esta área; Parte de la población se dedica a una agricultura comercial en grandes extensiones y otros a una agricultura de subsistencia en menor proporción. Los cultivos se pueden clasificar en comerciales y de subsistencia y además pueden ser cultivos transitorios y permanentes.

Los cultivos comerciales son aquellos que se siembran en grandes extensiones con el fin de obtener excedentes y abastecer de alimentos a una parte de la población departamental.

Cultivos de subsistencia son aquellos que siembra el agricultor con el fin de abastecer sus propias necesidades alimenticias, para ello tiene un sistema de siembra individualizado; es decir, en huertos.

Los cultivos que muestran un mayor empuje son el arroz, la soya, el algodón, la palma africana y el cacao; a pesar de los problemas de orden público que afectan a la región del ariari, epicentro de la producción agrícola del departamento. Los factores que han influido para que los productores incrementen su inversión se pueden resumir en : mayor demanda en los cultivos de arroz, soya y derivados de la palma africana, con buena comercialización y sustentación; el crédito en dinero e insumos; la influencia de la tecnología suministrada por algunas empresas gubernamentales y privadas ha incidido en los rendimientos, lo que indica a la vez que hay mejor uso del suelo y la variedad de semillas ofrecidas.

El cultivo de arroz es el que tiene mayor área sembrada. Los factores que han incidido en el positivo balance de la cosecha arroceras se puede resumir así: a nivel particular de cultivo; las condiciones atmosféricas han sido apropiadas y casi óptimas; la buena variedad de la semilla y ágil modalidad del préstamo; buenos precios en el momento de la comercialización y abundante mano de obra.

En cuanto a nivel general: buena demanda nacional e internacional del arroz; también, la incertidumbre que produjo el desastre natural del nevado del Ruiz en el norte del Tolima, desplazó capitales hacia el departamento del Meta produciendo grandes inversiones las cuales determinaron un aumento en la extensión sembrada en arroz. En ocasiones ha sido tal la producción de arroz que se presentan problemas de almacenamiento, congestión en bodegas y molinos particulares, lo cual se traduce directa e indirectamente en altos consumos de energía, sobretodo en la ciudad de Villavicencio que es en la cual se han concentrado la mayor cantidad de molinos de arroz.

La ganadería junto con la agricultura es una actividad que se desarrolla en el espacio rural con el fin de suministrar proteínas básicas para la alimentación de la población. Uno de los factores que sobresale y que explica que en el departamento se destaque la actividad ganadera es precisamente las características que presenta el suelo apto para el cultivo de pasto.

1.5. Servicios Públicos

en el departamento del Meta, estos tres servicios los suministran en su mayor parte las instituciones departamentales.

1.5.1. Acueducto y alcantarillado

El acueducto tiene un alto cubrimiento tanto en la ciudad como en el campo. En el occidente del departamento los municipios de Villavicencio, Acacías, Castilla la Nueva, Cumaral, El Castillo, Guamal y San Juanito, gozan de servicio de acueducto, debido a su posición geográfica, puesto que allí

drenan numerosas quebradas aprovechadas para el suministro de agua de estas áreas. En villavicencio, el agua se capta por medio de una infraestructura apropiada por gravedad y bombeo; sin embargo, la prestación del servicio no es óptima ya que no cuenta con plantas adecuadas de tratamiento de agua y su distribución no es continua. Por otro lado el consumo de energía de las estaciones es muy alto y ha conllevado al endeudamiento con la empresa electrificadora del Meta (EMSA).

La infraestructura del alcantarillado en los municipios que se encuentran en el área noroccidental tiene un cubrimiento por encima del 80% y son ellos: Villavicencio, Acacías, Cumaral, El calvario, Guamal, Restrepo, San juanito y San Martín; y los municipios que tienen menos del 3% son Cabuyaro, Castilla La nueva, La Macarena, Lejanías, Puerto Lleras y puerto rico. El bajo porcentaje de cubrimiento se debe al corto tiempo de conformación y por otro lado que la población usa los pozos sépticos elaborados por ellos mismos.

1.5.2. Energía

El suministro de energía es bueno (80% en promedio) en los municipios del noroccidente del departamento, como son Cabuyaro, San juanito, Cumaral, Restrepo, Acacías, Guamal y Castilla la nueva; Estos contrastan con el bajo cubrimiento de puerto rico, Puerto lleras y castillo donde es menor del 7%; sin embargo en estas poblaciones hay numerosas plantas particulares que generan electricidad. en los municipios del norte y muy cercanos de villavicencio el servicio de energía se presta en un 90% y el 10% restante se suple con plantas o simplemente no cuentan con el.

En Puerto López la línea de alta tensión suministra energía a las cabeceras municipales, e inclusive a gran parte de la población rural. Más del 70% de la población rural de villavicencio y restrepo disfrutan del servicio de energía. El resto de municipios cuenta con menos del 40% de cobertura.

La razón por la cual estos municipios cuentan con mayor cobertura que los demás es porque en el campo vive una gran cantidad de población pudiente del Meta que necesita la energía para poder aprovecharla con fines agroindustriales.

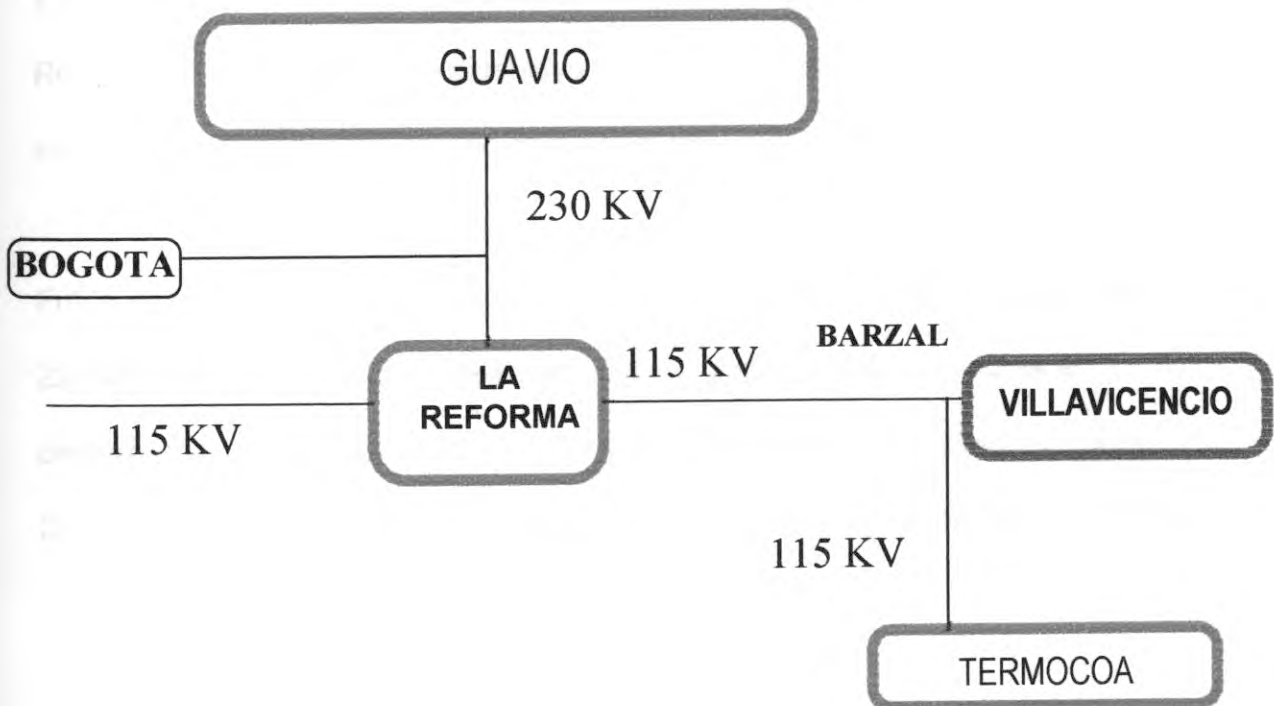
Actualmente el consumo de energía se presenta desmedidamente lo cual representa grandes esfuerzos para la electrificadora del Meta (EMSA), y por lo tanto se debe considerar la opción de racionar su consumo.

2. BALANCE ENERGETICO DE LA CIUDAD

2.1 FUENTES DE ENERGÍA

- Villavicencio es servida primordialmente por la central hidroeléctrica de Guavio (1000 MW potencia), la cual fue conectada por medio de la subestacion La Reforma (230/115 KV 150MVA) a principios de este año por medio de una inversión total de \$ 1.238 millones de pesos. La represa del Guavio y la subestacion de La Reforma estan unidas por una linea de 500 kv energizada a 230 kv. Esta nueva fuente fue instalada debido a problemas de estabilidad y calidad de voltaje los cuales esta soluciona.

ABASTECIMIENTO ELECTRICO



La electrificadora del Meta (EMSA) utiliza 75 MW, es decir tan solo la mitad de la capacidad de La Reforma. Debido a que la subestacion se encuentra a solo 10 Km de Villavicencio, la calidad de voltaje es excelente y las perdidas de transmision son minimas.

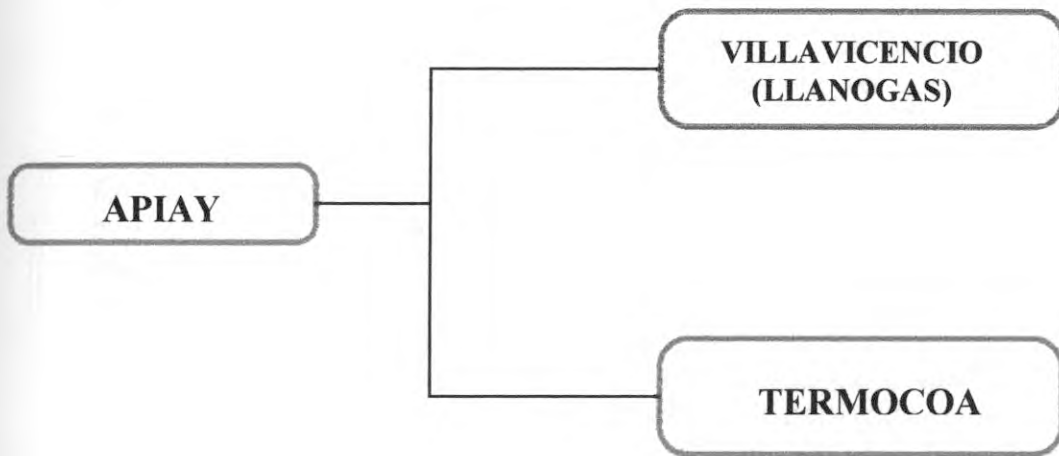
La segunda etapa (ciclo combinado) de la termoelectrica de Ocoa inicio operaciones en septiembre de 1994, la cual adiciono 15 MW mas a la capacidad instalada inicialmente de 28 MW. En el mes de Mayo de 1995 se termino la linea del gaseoducto Apiay-Ocoa y entro a operacion, con lo cual la planta utiliza gas natural traído desde los campos de Cusiana en el departamento de Casanare.

Dos fuentes alternas de energía eléctrica son usadas exclusivamente como respaldo en caso de que la subestacion de La Reforma sufra de daños técnicos. Estas son la termoeléctrica de Ocoa (115KV 43 MW) y las líneas Bogota-Reforma. A pesar de su uso extensivo en años anteriores, ellas han sido relevadas a un papel secundario para el futuro.

Futuros planes de expansión incluyen la construcción de una central eléctrica de 220 MW cerca del municipio de Puerto López. Este proyecto involucra el desarrollo del campo petrolero de Rubiales, ubicado en el municipio de Puerto Gaitan, mediante la construcción de una unidad de destilación primaria de 12.000

barriles, la instalación de un oleoducto para transportar el petróleo desde el campo de ubiales hasta las instalaciones de central, la construcción de una subestacion en el sitio de generación, y la construcción de 113 KM de línea de transmisión a 230 KV para la interconexión con las subestaciones de La Reforma en el municipio de Villavicencio.

ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL



2.2. OFERTA DE ENERGIA

2.2.1. OFERTA DE ENERGIA ELECTRICA

La electrificadora del Meta abastece de energía eléctrica a la ciudad de Villavicencio y casi la totalidad de municipios de este departamento.

El suministro de energía es bueno (80% en promedio) en los municipios del noroccidente del departamento, como son Cabuyaro, San Juanito, Cumaral, Restrepo, Acacías, Guamal y Castilla la Nueva; Estos contrastan con el bajo cubrimiento de Puerto Rico, Puerto Lleras y Castillo donde es menor del 7%; sin embargo en estas poblaciones hay numerosas plantas particulares que generan electricidad.

En los municipios del norte y muy cercanos de Villavicencio el servicio de energía se presta en un 90% y el 10% restante se suplente con plantas o simplemente no cuentan con él.

En Puerto López la línea de alta tensión suministra energía a las cabeceras municipales, e inclusive a gran parte de la población rural.

Más del 70% de la población rural de Villavicencio y Restrepo disfrutan del servicio de energía.

El resto de municipios cuenta con menos del 40% de cobertura. La razón por la cual estos municipios cuentan con mayor cobertura que los demás es porque en el campo vive una gran cantidad de población pudiente del Meta que necesita la energía para poder aprovecharla con fines agroindustriales.

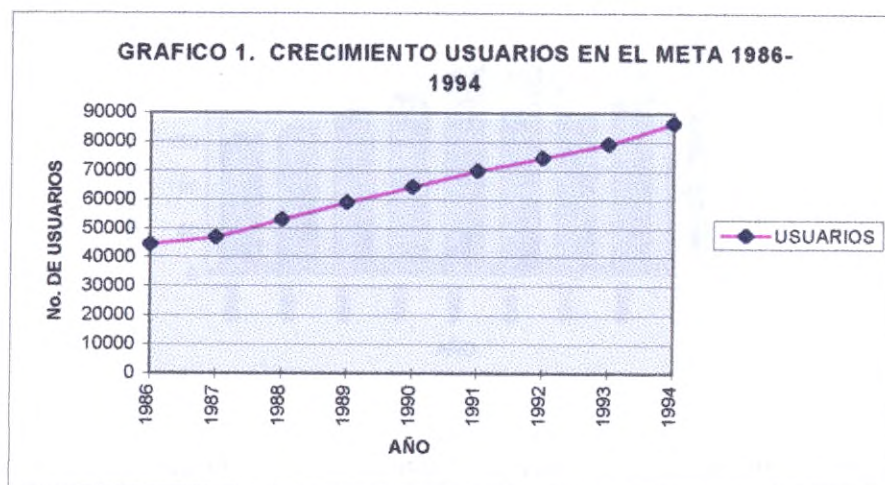
Actualmente el consumo de energía se presenta desmedidamente lo cual representa grandes esfuerzos para la electrificadora del Meta (EMSA), y por lo tanto se debe considerar la opción de racionar su consumo.

Entre los años 1986 - 1994 el crecimiento de la población en Villavicencio ha aumentado significativamente de manera secuencial y por lo tanto el número de usuarios se ha incrementado en un 68.7% (Ver gráfico 1) durante este período.

CRECIMIENTO USUARIOS EN EL META 1986 - 1994

AÑO USUARIO

1986	44821
1987	47135
1988	53149
1989	59204
1990	64516
1991	70132
1992	74511
1993	79324
1994	86491

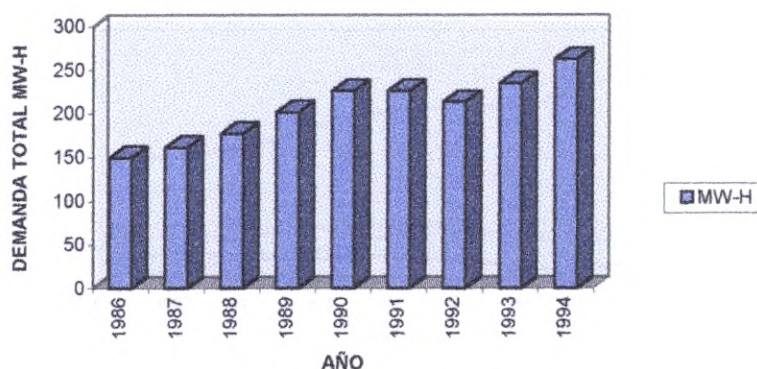


Este crecimiento originó un desequilibrio en el consumo de energía lo cual conllevó a tomar la decisión de racionamiento en el año 1992, y hoy por hoy se presenta la necesidad de considerar diferentes alternativas.

Según fuentes suministradas por la electrificadora del Meta, 1851.5 MW-H fueron vendidos (ver gráfico 2) en todo el departamento, entre 1986 - 1994, de los cuales los principales consumidores fueron en su orden el residencial (ver Gráfico 3), cuyo sector fué el que tuvo mayor crecimiento y a su vez mayor consumo.

DEMANDA MW-H 1986 - 1994

<u>AÑO</u>	<u>MW-H</u>
1986	149,57
1987	160,96
1988	177,53
1989	201,63
1990	226,12
1991	225,99
1992	213,28
1993	234,44
1994	261,96

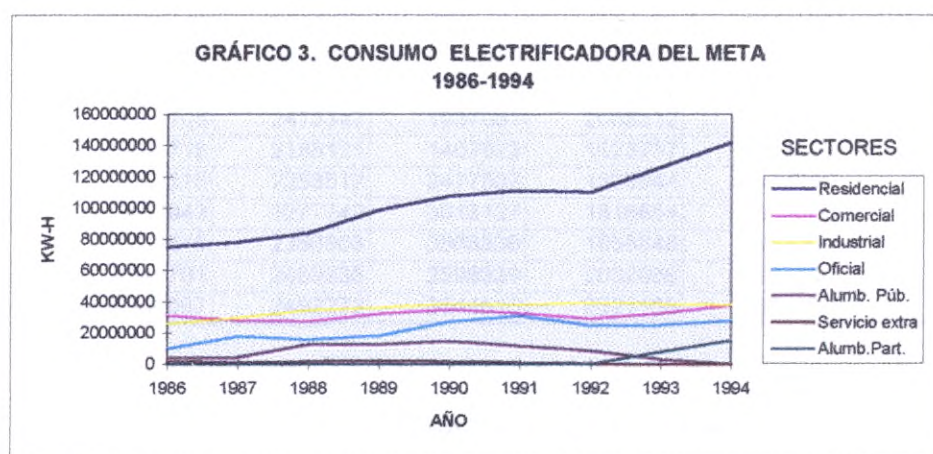
GRAFICO 2 . DEMANDA TOTAL MW-H 1986-1994

Los sectores comercial e industrial tuvieron comportamientos similares y ocupan el segundo y tercer lugar en consumo de energía respectivamente. El sector oficial ocupa el cuarto lugar en consumo, y los sectores alumbrado público, servicio extra y alumbrado particular ocupan los siguientes lugares respectivamente, con valores mas bajos de consumo pero a su vez significativos.

La mayor variación durante este periodo se observa en el sector residencial debido al acelerado aumento de población. Los sectores comercial e industrial presentan una tendencia constante a partir de 1989, siendo mas notoria en el sector industrial ya que el sector comercial presenta una relativa variación. El sector oficial tuvo un comportamiento ascendente durante todo este periodo, a diferencia del alumbrado público que presenta aumento de consumo entre 1986 - 1991, pero que a partir de 1992 muestra un decrecimiento anormal que se vé reflejado en la aparición de alto consumo en el alumbrado particular a partir de 1993. Esto es debido a que la electrificadora optó por asignar tarifas ponderadas de acuerdo al consumo de estos sectores.

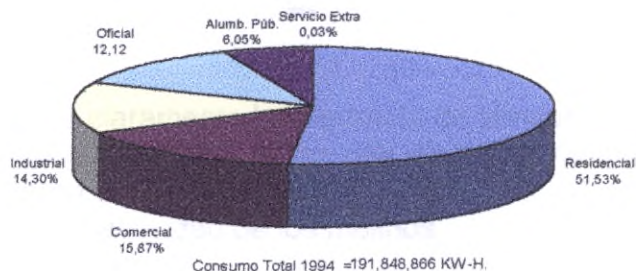
CONSUMO ELECTRIFICADORA DEL META 1986 - 1994

	Residencial	Comercial	Industrial	Oficial	Alumb. Púb.	Servicio extra	Alumb.Part.
1986	75149911	31679360	26135743	10350973	4001486	2260676	0
1987	78176220	28759763	29958501	18389088	4465200	1216177	0
1988	84137697	27980950	34684193	16175872	12749233	1804979	0
1989	98830912	32462506	36283740	18684212	12877842	2497411	0
1990	107745784	35462370	38852643	27468647	14772673	1820402	0
1991	111069685	33055576	38123880	31102544	11632450	1014220	0
1992	110320733	29468994	39611923	24993455	8716202	175517	0
1993	126194091	32945762	38671997	25311129	3182297	100904	8041580
1994	141903478	38313529	38358946	28174368	15700	76144	15124900



El consumo de energía en la ciudad de Villavicencio sigue un comportamiento similar al del departamento del Meta, debido a que el mayor porcentaje de distribución está dirigido hacia esta ciudad. En el año de 1994 el consumo total por sectores en Villavicencio fué de 191'848,866 KW-H (Ver Gráfico 4), de los cuales el 51.53% abasteció al sector residencial, 15.87% al comercial, 14.30% al sector industrial, 12.12% al sector oficial, 6.05% al alumbrado público y un porcentaje mínimo de 0.03% para el servicio extra.

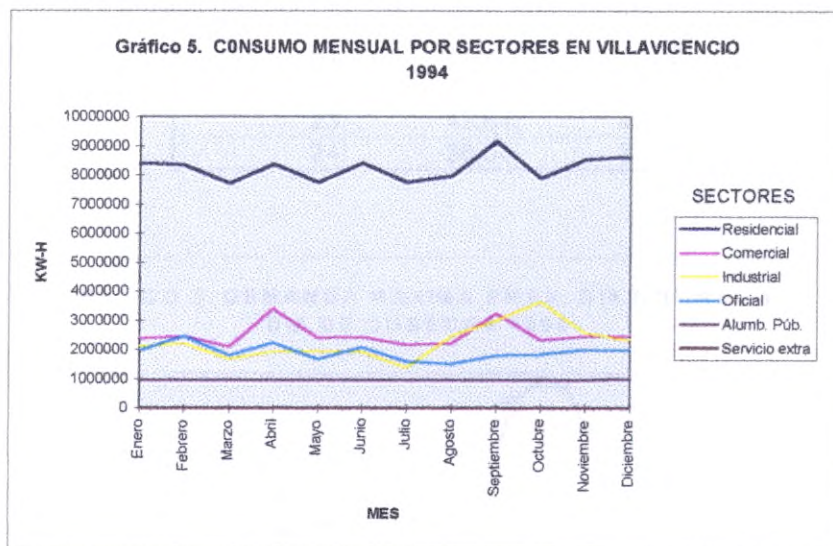
GRAFICO 4. CONSUMO SECTORES VILLAVICENCIO 1994



Respecto al consumo mensual en 1994 se destaca el comportamiento del sector industrial (ver Gráfico 5) en los meses septiembre - octubre, debido principalmente a la actividad de los molinos por ser temporada de cosecha de arroz y sorgo.

CONSUMO MENSUAL POR SECTORES EN VILLAVICENCIO 1994

	<u>Residencial</u>	<u>Comercial</u>	<u>Industrial</u>	<u>Oficial</u>	<u>Alumb. Púb.</u>	<u>Servicio extra</u>
Enero	8425703	2419043	2119136	1984168	963000	8828
Febrero	8350102	2497891	2222758	2492428	963000	8531
Marzo	7720985	2130413	1700456	1832471	963000	4281
Abril	8374709	3442387	1960079	2259962	963000	955
Mayo	7744318	2427109	1980849	1694097	963000	187
Junio	8420705	2475347	1937051	2088512	963000	12564
Julio	7745718	2188121	1407822	1623757	963000	1390
Agosto	7978315	2253517	2477537	1535944	963000	1282
Septiembre	9186943	3277742	3013127	1816654	963000	164
Octubre	7909845	2360803	3666830	1858848	963000	884
Noviembre	8549701	2489335	2598339	2032086	963000	8477
Diciembre	8643067	2492272	2344610	2021166	1020000	15545

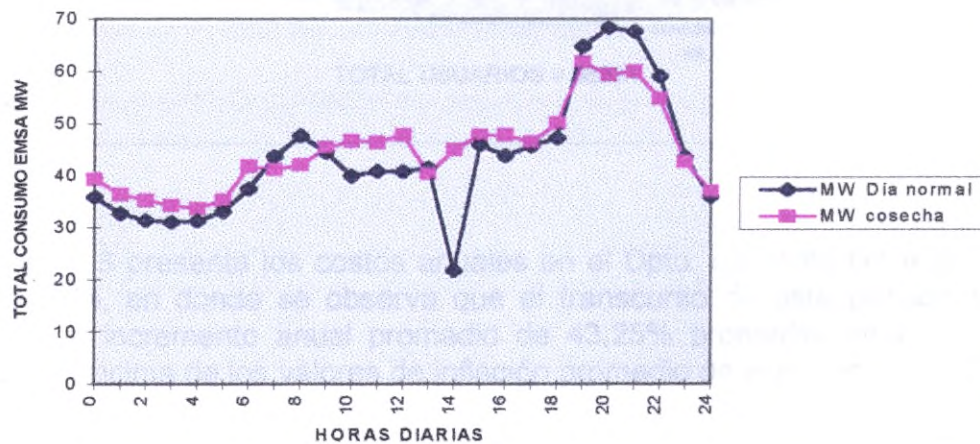


El gráfico 6 muestra claramente la diferencia de consumo de energía eléctrica entre un día normal del año, y un día en temporada de cosecha. Esta diferencia es notoria principalmente entre las 9 a.m. - 1 p.m. y 2 p.m.-6 p.m. que son las horas de actividad de los molinos.

DEMANDA MAXIMA EMSA DIA NORMAL 1995

<u>HORA</u>	<u>MW Dia norm.</u>	<u>MW cosecha</u>
0	36,04	39,52
1	32,8	36,56
2	31,52	35,48
3	31,16	34,48
4	31,4	33,84
5	33,2	35,44
6	37,56	41,96
7	43,72	41,32
8	47,68	42,24
9	44,6	45,48
10	40	46,84
11	40,84	46,52
12	40,8	47,92
13	41,52	40,52
14	21,88	45,12
15	45,96	47,88
16	43,84	47,96
17	45,72	46,48
18	47,2	50,24
19	64,84	61,96
20	68,36	59,48
21	67,64	60,12
22	59,08	54,96
23	43,64	42,84
24	36,04	37,08

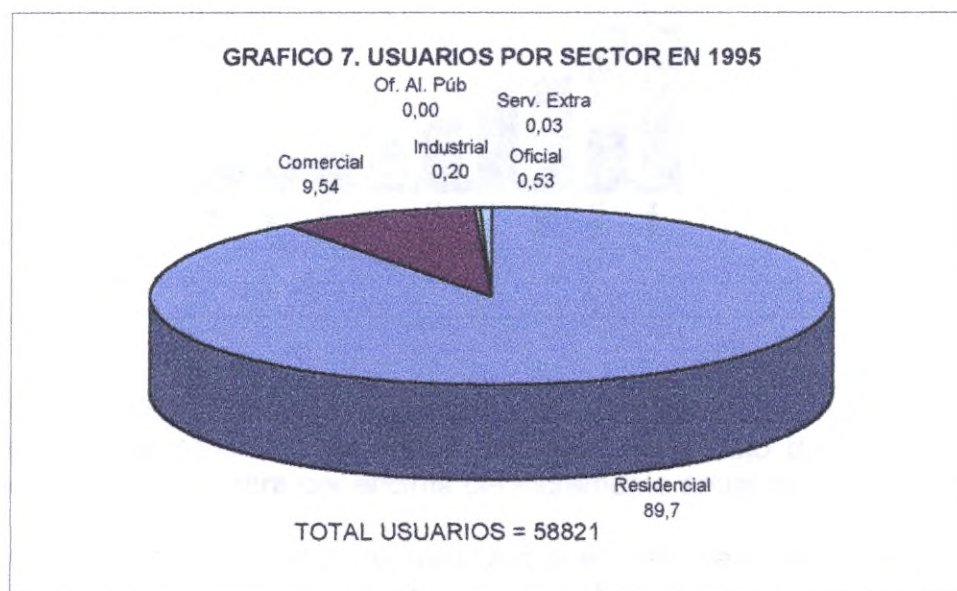
GRAFICO 6. DEMANDA MAXIMA EMSA, DIA NORMAL Y DIA DE COSECHA 1995



En 1995 el número total de usuarios en villavicencio (ver gráfico 7) ascendió a 58821, de los cuales el 89,7% corresponde al sector residencial, el 9,54% al sector comercial, y, porcentajes menores al 1% corresponden a los sectores oficial, alumbrado público y servicio extra.

USUARIOS POR SECTOR EN 1995

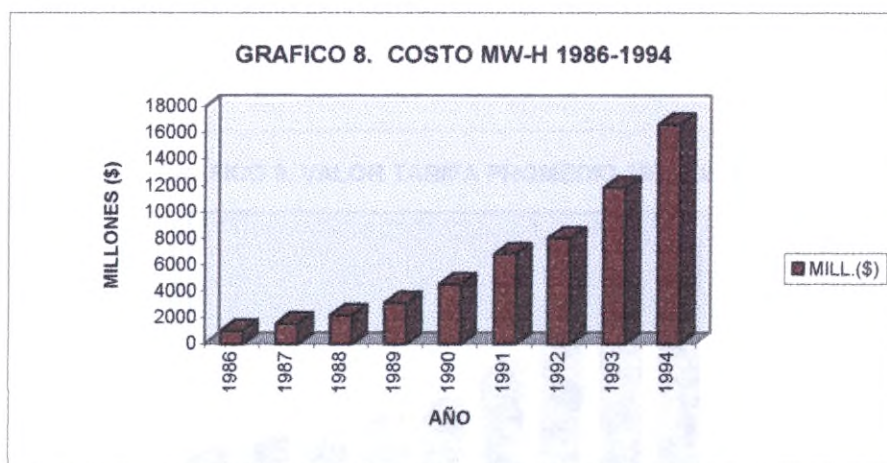
SECTOR	USUARIOS
Residencial	89,7
Comercial	9,54
Industrial	0,2
Oficial	0,53
Of. Al. Púb	0
Serv. Extra	0,03
	58821



El gráfico 8 presenta los costos anuales en el Dpto. del Meta entre los años 1986-1994, en donde se observa que el transcurso de este periodo se ha tenido un incremento anual promedio de 43,25% promedio, cifra que está muy por encima de los valores de inflación promedio de estos años (25,01%).

COSTO MW-H 1986 - 1994

AÑO	MILL.(\$)
1986	959
1987	1497
1988	2128
1989	3053
1990	4505
1991	6773
1992	7973
1993	11835
1994	16634



El valor de la tarifa promedio (ver gráfico 9) durante este periodo presenta un incremento anual promedio de 33,5%, estando por debajo del costo anual total, pero de igual manera por encima del incremento anual promedio de la

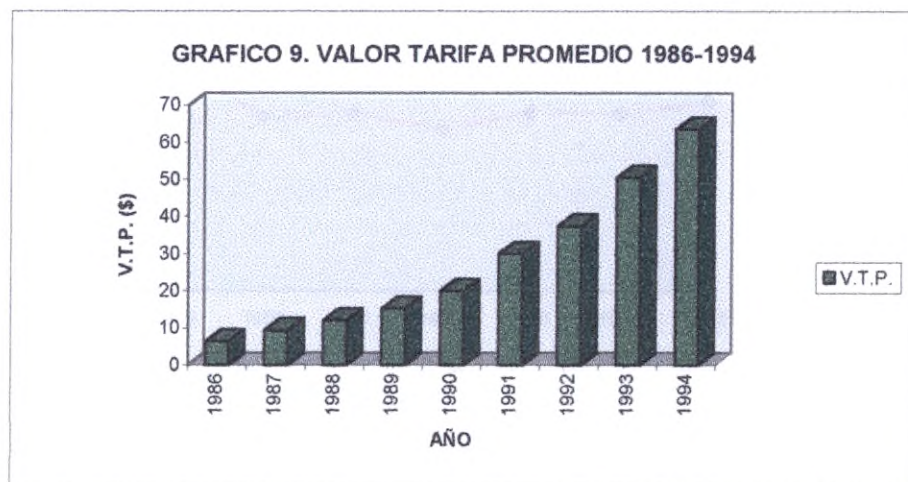
inflación. Este comportamiento demuestra que el costo de energía eléctrica al usuario, representa un aumento anual significativo en relación a la canasta familiar.

Por otro lado, este servicio ha contado con subsidios para el usuario, pero siguen significando costos representativos para el estado.

La falta de concientización acerca de la importancia de estos subsidios ha conllevado a que el usuario no asuma el costo real de la energía eléctrica, y por lo tanto a desencadenar el consumo irracional de la misma.

VALOR TARIFA PROMEDIO 1986 - 1994

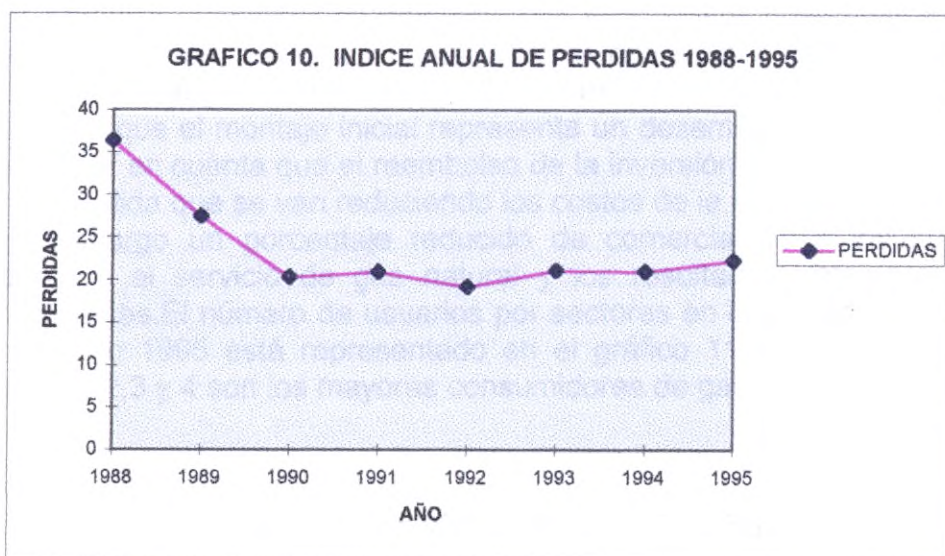
<u>AÑO</u>	<u>V.T.P.</u>
1986	6,41
1987	9,3
1988	11,98
1989	15,14
1990	19,92
1991	29,97
1992	37,38
1993	50,48
1994	63,49



Respecto al índice anual de pérdidas (ver gráfico 10) se observa que hubo una reducción entre 1988 - 1990, y que a partir de este año hasta 1995 se han mantenido relativamente constantes. Estas pérdidas se deben a robo de energía (pérdidas negras) por parte de comerciantes ambulantes principalmente.

INDICE ANUAL DE PERDIDAS 1988-1995

<u>AÑO</u>	<u>PERDIDAS</u>
1988	36,48
1989	27,53
1990	20,39
1991	20,99
1992	19,23
1993	21,18
1994	21,08
1995	22,4



2.2.2. OFERTA DE COMBUSTIBLES

La oferta de combustibles en este estudio está limitado al gas debido a que es el de mayor uso en la ciudad. El gas en la ciudad de Villavicencio, ha ido aumentando paulatinamente en los diferentes sectores durante los últimos años, principalmente en el sector residencial.

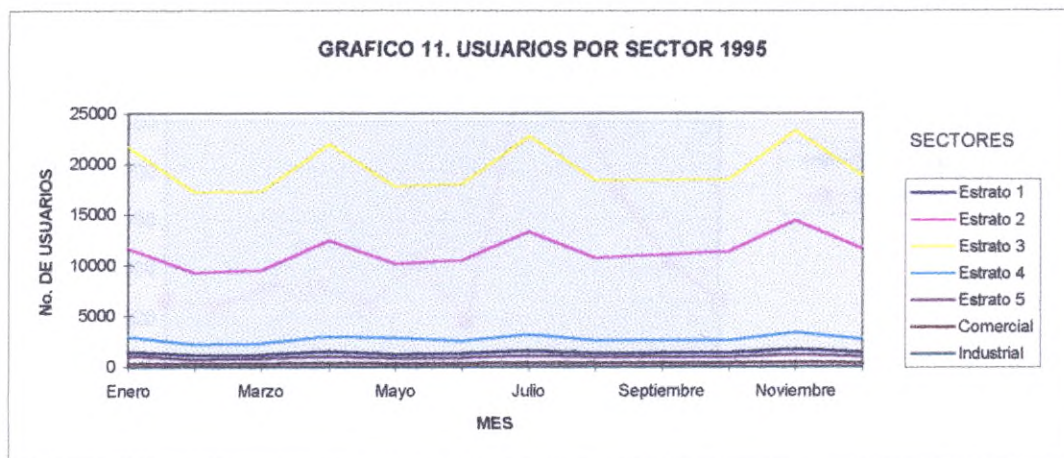
Es bien sabido que las características del gas natural proveen gran satisfacción en lo que respecta a la cocción de alimentos y a la utilización como combustible, lo cual lo convierte en una importante alternativa para la generación de energía, en la medida que se concientice la masificación del mismo.

Por otro lado los costos de consumo son económicos si se comparan con el servicio de energía eléctrica. Los sectores comercial e industrial han optado por asumir tangencialmente la idea de utilizar el servicio de gas natural, debido a que el montaje inicial representa un desembolso relativamente alto, y sintener en cuenta que el reembolso de la inversión se realiza a corto plazo, en la medida que se van reduciendo los costos de la energía eléctrica.

Sin embargo un porcentaje reducido de comerciantes e industriales han adoptado el servicio de gas natural y los resultados obtenidos han sido gratificantes. El número de usuarios por sectores en la ciudad de Villavicencio en el año 1995 está representado en el gráfico 11, y se observa que los estratos 2,3 y 4 son los mayores consumidores de gas natural.

NUMERO DE USUARIOS POR SECTOR 1995

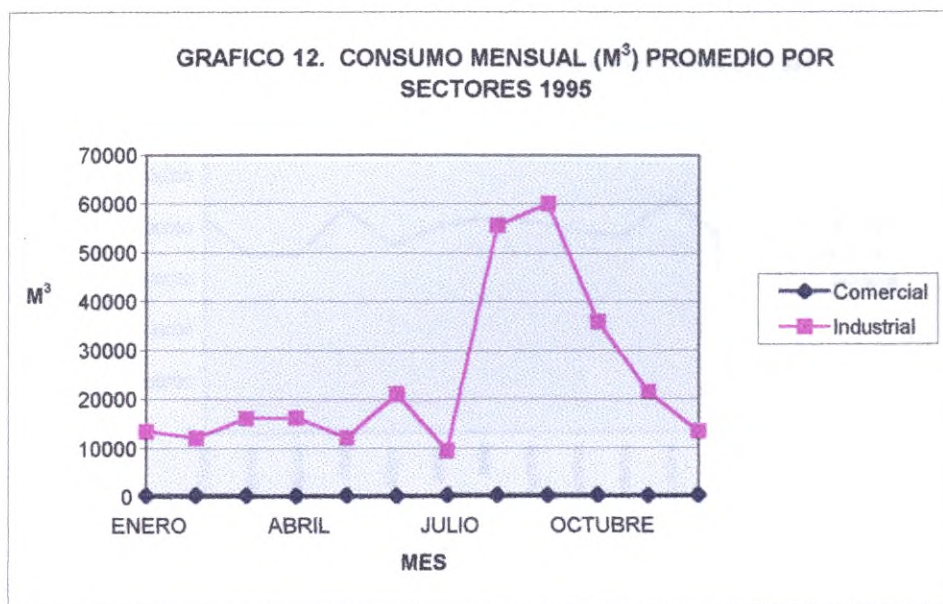
	<u>Estrato 1</u>	<u>Estrato 2</u>	<u>Estrato 3</u>	<u>Estrato 4</u>	<u>Estrato 5</u>	<u>Comercial</u>	<u>Industrial</u>
Enero	1459	11744	21728	2997	1076	390	17
Febrero	1150	9352	17223	2258	750	307	16
Marzo	1212	9595	17359	2380	824	318	16
Abril	1532	12528	22053	3057	1041	414	17
Mayo	1241	10289	17844	2913	846	330	14
Junio	1286	10589	18120	2589	878	342	17
Julio	1613	13409	22798	3254	1117	435	16
Agosto	1315	10794	18416	2666	915	362	18
Septiembre	1344	11119	18417	2672	939	359	18
Octubre	1345	11437	18491	2675	955	364	18
Noviembre	1732	14494	23368	3426	1215	462	18
Diciembre	1418	11705	18826	2743	991	370	18



El gráfico 12 nos muestra el comportamiento del consumo mensual de gas en los sectores comercial e industrial en 1995; y se puede observar el alto consumo en el sector industrial en los meses Agosto - Septiembre, lo cual representa que un buen porcentaje de los molinos de arroz han adoptado el sistema de gas natural como combustible.

CONSUMO MENSUAL PROMEDIO (Metros Cúbicos de Gas, M³) POR SECTORES 1995

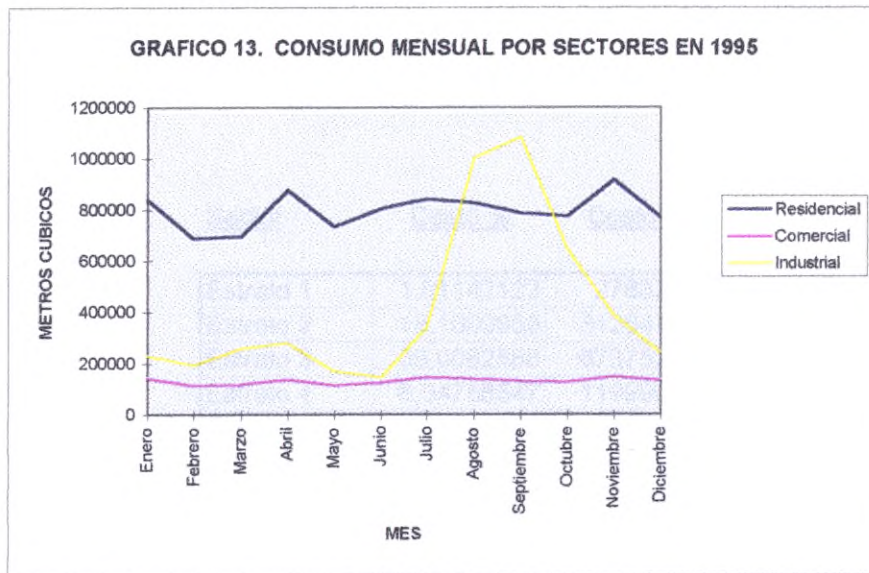
	<u>Comercial</u>	<u>Industrial</u>
ENERO	372,04	13637,71
FEBRERO	383,75	12239,75
MARZO	380,58	16288,38
ABRIL	341,42	16444,59
MAYO	358	12313,36
JUNIO	340,28	21355,06
JULIO	377,42	9618
AGOSTO	395,88	55813,22
SEPTIEMBRE	378,35	60380,61
OCTUBRE	355,73	36096,06
NOVIEMBRE	330,39	21735,83
DICIEMBRE	369,63	13541,39



De igual manera en el gráfico 13 se aprecia que en los meses de cosecha, el consumo del sector industrial supera el consumo del sector residencial.

CONSUMO (Metros Cúbicos de Gas) SECTOR POR MES 1995

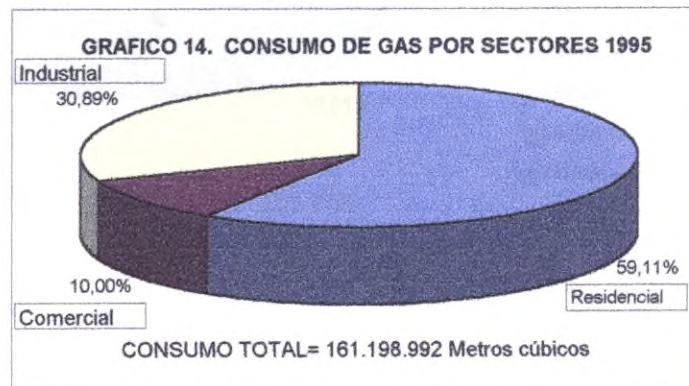
	<u>Residencial</u>	<u>Comercial</u>	<u>Industrial</u>
Enero	840405	144973	231841
Febrero	688756	117836	195836
Marzo	700043	121126	260614
Abril	878261	141403	279558
Mayo	736494	118282	172387
Junio	804736	128927	146506
Julio	842313	148079	341681
Agosto	829473	143360	1004638
Septiembre	788415	135952	1086851
Octubre	775967	129485	649729
Noviembre	920098	152639	391245
Diciembre	770722	136616	243745



El gráfico 14 representa el consumo de gas (metros cúbicos) por sectores en el año 1995, y la totalidad de metros cúbicos consumidos fué de 161'198.992, de los cuales el 59,1% corresponde al sector residencial, el 30,89% al sector industrial y el 10% al sector comercial.

consumo de gas (metros cúbicos) por sectores 1995

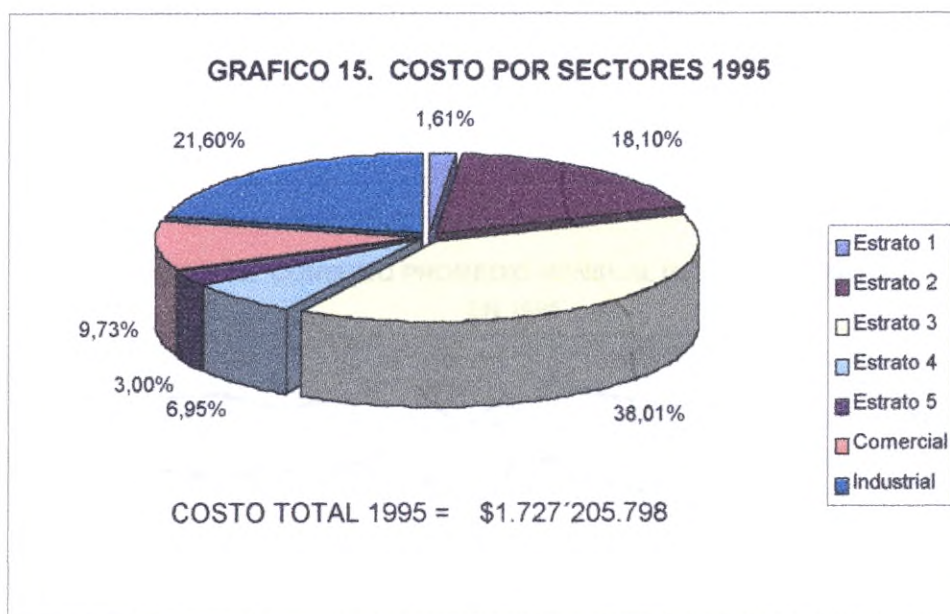
sector	%
Residencial	59,11%
comercial	10,00%
Industrial	30,89%



El costo total por sectores en 1995 está representado en el gráfico 15, y completan un total de \$1727'205.798.

COSTO POR SECTORES 1995

<u>Sector</u>	<u>Costo %</u>	<u>Costo \$</u>
Estrato 1	1,61142123	27832561
Estrato 2	18,1009959	312641451
Estrato 3	39,0082588	673752908
Estrato 4	6,94758547	119999099
Estrato 5	3,00348332	51876338
Comercial	9,72756849	168015127
Industrial	21,6006868	373088314

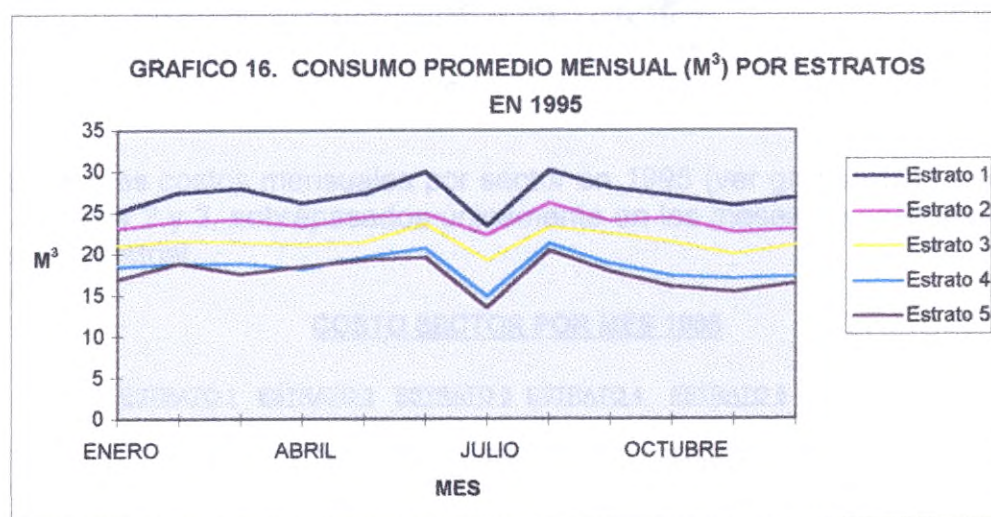


El gráfico 16 muestra el consumo promedio mensual por estrato en 1995, y se observa que los estratos tienen un comportamiento paralelo durante el año, a excepción del mes de julio, en donde se observa una disminución debido a la temporada de vacaciones.

CONSUMO PROMEDIO ESTRATO 1995**Metros Cúbicos de Gas (M³)**

Estrato 1 Estrato 2 Estrato 3 Estrato 4 Estrato 5

ENERO	25,17	23,17	21,02	18,55	17
FEBRERO	27,5	24,1	21,74	18,91	18,89
MARZO	28	24,26	21,53	18,93	17,61
ABRIL	26,22	23,56	21,21	18,28	18,54
MAYO	27,41	24,62	21,53	19,69	19,32
JUNIO	30,02	25	23,75	20,78	19,63
JULIO	23,46	22,43	19,29	14,99	13,58
AGOSTO	30,21	26,3	23,36	21,35	20,5
SEPTIEMBRE	28,05	24,13	22,54	18,91	17,89
OCTUBRE	27,08	24,51	21,49	17,38	16,08
NOVIEMBRE	25,99	22,71	20,05	17,12	15,41
DICIEMBRE	26,93	23,14	21,13	17,36	16,43

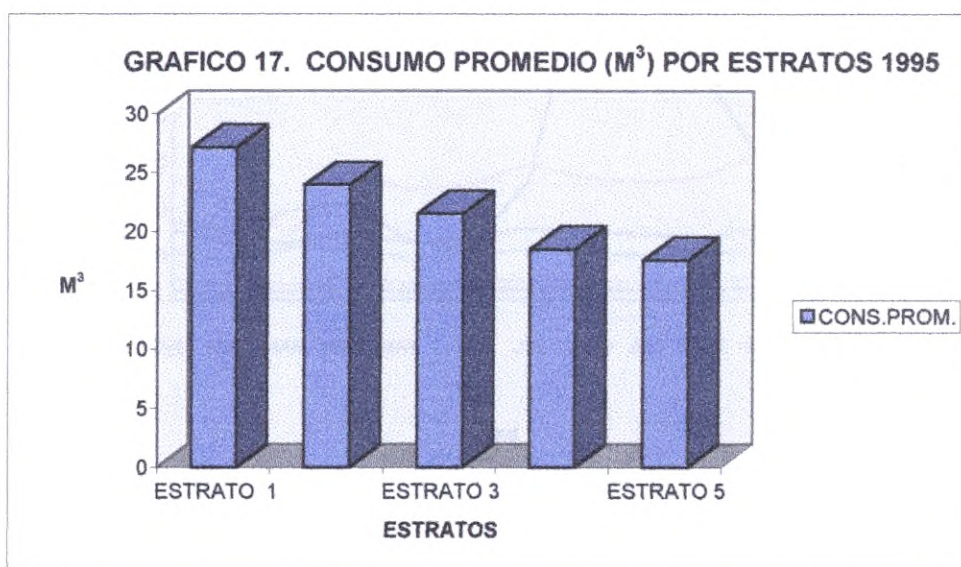


El consumo promedio por estratos en 1995 (ver gráfico 17) fué mayor en los estratos 1,2, y 3 pero los valores de consumo de los estratos 4 y 5 estuvieron muy cercanos a los anteriores.

CONSUMO PROMEDIO POR ESTRATOS 1995

ESTRATO CONS.PROM.

ESTRATO 1	27,17
ESTRATO 2	23,99
ESTRATO 3	21,55
ESTRATO 4	18,52
ESTRATO 5	17,57

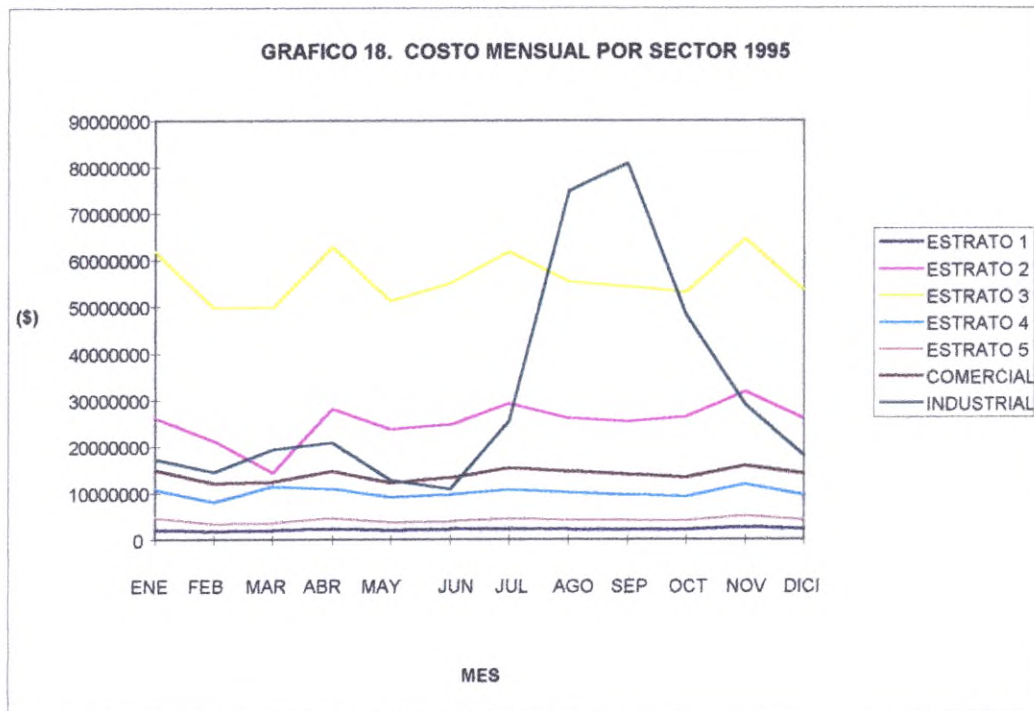


Los mayores costos mensuales por sector en 1995 (ver gráfico 18) fueron de los estratos 2 y 3, sobrepasados únicamente en los meses de cosecha por el sector industrial.

COSTO SECTOR POR MES 1995

ESTRATO 1 ESTRATO 2 ESTRATO 3 ESTRATO 4 ESTRATO 5 COMERCIAL INDUSTRIAL

2300076	26276702	61917689	10920236	4810841	15029070	17302631
1952000	21470669	49887722	8292304	3597005	12178811	14586213
2090104	14667422	50014520	11624411	3733344	12537823	19441882
2498122	28337207	63022035	11065511	4808869	14747975	20854685
2101980	23956987	51411328	9227124	3969952	12276879	12869042
2353421	24908540	55148357	9912811	4144708	13352714	10950294
2397678	29381843	61960582	10881137	4634439	15448059	25476509
2418714	26269939	55524853	10331935	4392306	14801265	74832251
2320493	25547428	54421780	9809404	4276634	14077968	80952186
2253841	26551846	53222077	9478993	4188302	13465124	48412825
2803528	32013555	64797473	12068171	5253435	15958832	29171276
2365000	26167596	53688053	9717644	4379681	14168967	18191690



2.3. DEMANDA DE ENERGIA

2.3.1. SECTOR RESIDENCIAL

Como se observó en la sección 2.2 (oferta de energía), el sector residencial ocupa los valores más representativos en los aspectos referentes a consumo, costos, todo esto debido principalmente a que este sector tiene el mayor número de usuarios.

A continuación se presentarán los porcentajes de participación del sector residencial, con respecto a los valores totales de la ciudad en lo que respecta a la energía eléctrica.

	# de usuarios	Consumo mensual promedio 1994 (kwh)	Consumo 1994 (kwh)	Costos prom. mensual. (\$)	Costos Anual. 1994 (\$)
Total en villav.	58821	16'536.660	191'848.966	1253'478.828	14542'144.040
% de participación sector residencial	89,7	52,26	51,53	45,22	44,60

Estos resultados comprueban los altos porcentajes en costos y consumo de energía eléctrica, que representa el sector residencial; por lo tanto se deben tomar medidas eficaces e inmediatas para controlar el consumo de energía en este sector, considerándolo como principal punto de partida para implementar cualquier plan de consumo racional.

2.3.2. SECTOR PRIVADO

El sector privado en conjunto presenta los más altos valores de consumo de energía en la ciudad de Villavicencio, y considerando que sus tarifas han permanecido exentas de los considerables subsidios que cubren por ejemplo al sector residencial, es evidente que representa los más altos costos reales en el aspecto de pago del servicio.

Para este estudio se han clasificado el tipo de usuarios del sector privado en códigos de letras como sigue:

TIPO DE USUARIO	CODIGO
Administrativo	A
Bancos	B
Comercio	C
Hoteles	H
Industrias varias	I
Hospitales	P
Industria arrocera	Z

El número de usuarios (ver gráfico 19) del sector privado es en total 151, y es acertado precisar que en los próximos años se incrementará de manera acelerada debido a las grandes expectativas que presenta el departamento a nivel agrario, mineral, comercial e industrial y también a los trabajos de adecuamiento que se adelantantan en la carretera que conduce a Bogotá.

Por otro lado la industria arrocera ha venido ampliando el área de sembrado y la infraestructura actual está rezagada de acuerdo al almacenamiento y secado de este producto, lo que implica la factibilidad de ampliación o la instalación de nuevos equipos.

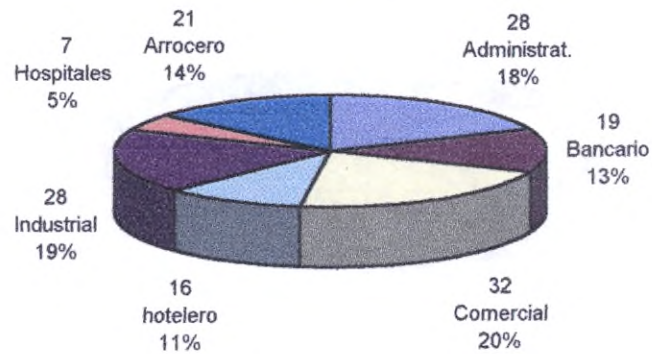
Todos estos aspectos crearán un impacto en cadena que estimularán el crecimiento de los demás usuarios del sector privado.

SECTOR PRIVADO, COMERCIAL E INDUSTRIAL

Tipo Usuario No. Usuarios % Usuarios Código

Administrat.	28	18,54	A
Bancario	19	12,58	B
Comercial	32	21,19	C
hotelero	16	10,6	H
Industrial	28	18,54	I
Hospitales	7	4,64	P
Arrocero	21	13,91	Z

GRAFICO 19. SECTOR PRIVADO COMERCIAL E INDUSTRIAL



El consumo mensual promedio de energía en el sector privado (ver gráfico 20) es a nivel general muy alto, pero los valores más representativos se observan en la industria arrocera, industrias varias y el comercio.

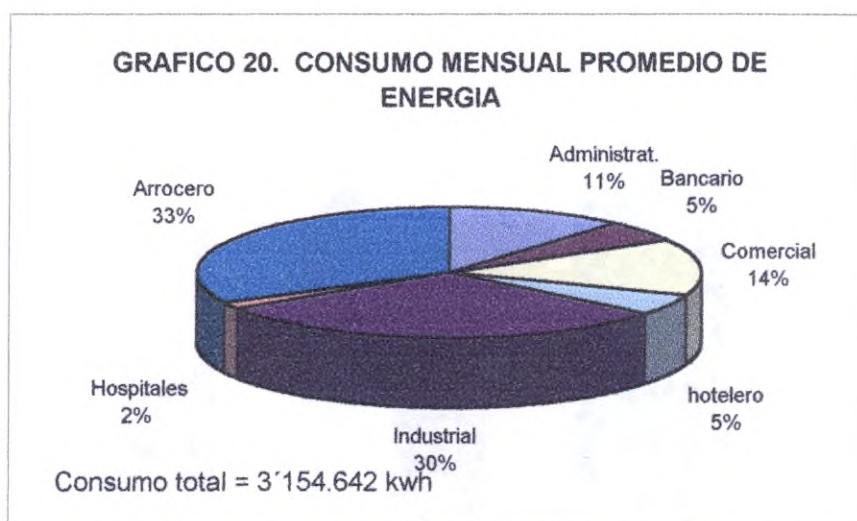
El consumo del sector administrativo se encuentra muy cerca del comercial, y este aspecto se debe tener en cuenta para tomar las medidas necesarias que conlleven a reducir su consumo.

CONSUMO MENSUAL PROMEDIO DE ENERGIA

Tipo Usuario C.M.P. Código

Administrat.	359419	A
Bancario	162940	B
Comercial	439085	C
hotelero	170147	H
Industrial	946086	I
Hospitales	47900	P
Arrocero	1029065	Z

Ver gráfico 20, próxima página...



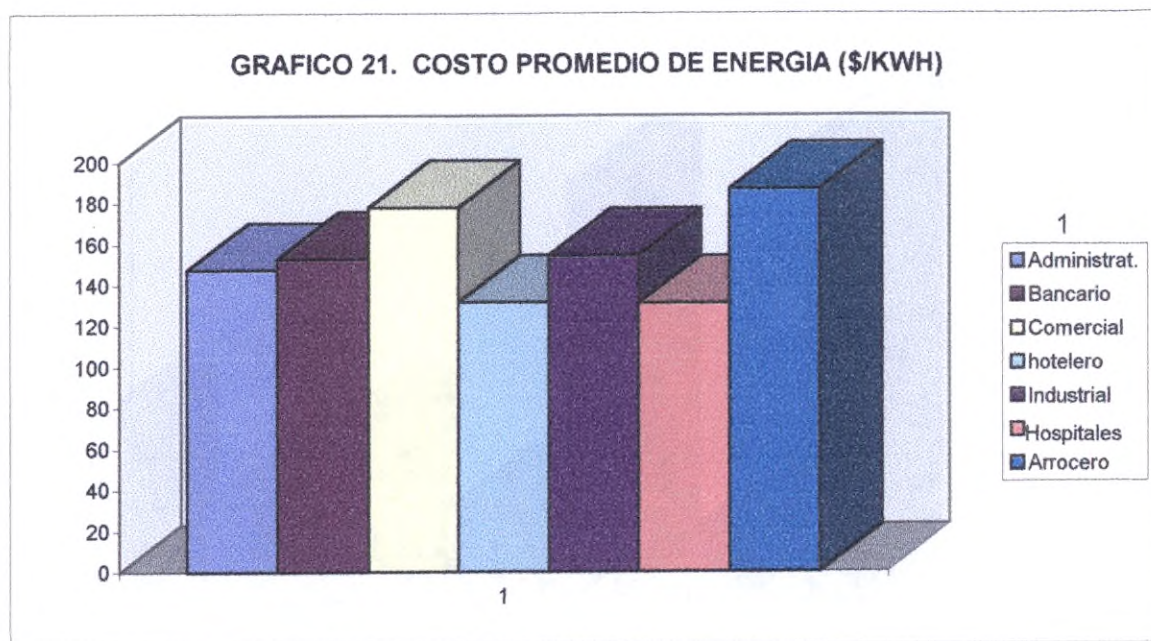
Los sectores industrial arrocero, industrias varias y comercial además de presentar los mayores valores de consumo, tienen también los costos promedio por kwh mas altos en el sector privado (ver gráfico 21).

razón por la cual se hace aún más tangible la necesidad de implantar fuentes alternas de energía que reduzcan estos costos y que a su vez contribuyan a descongestionar los altos consumos.

COSTO PROMEDIO DE ENERGÍA POR TIPO DE USUARIO (\$/KWH)

<u>Tipo Usuario</u>	<u>C.P.E</u>	<u>Código</u>
Administrat.	147,51	A
Bancario	152,82	B
Comercial	178	C
hotelero	131,6	H
Industrial	154,53	I
Hospitales	131,11	P
Arrocero	186,63	Z

Ver figura 21 en la próxima página..



Los valores de demanda promedio implican los kw que son utilizados normalmente por cada usuario, y ofrecen una visión acerca del consumo.

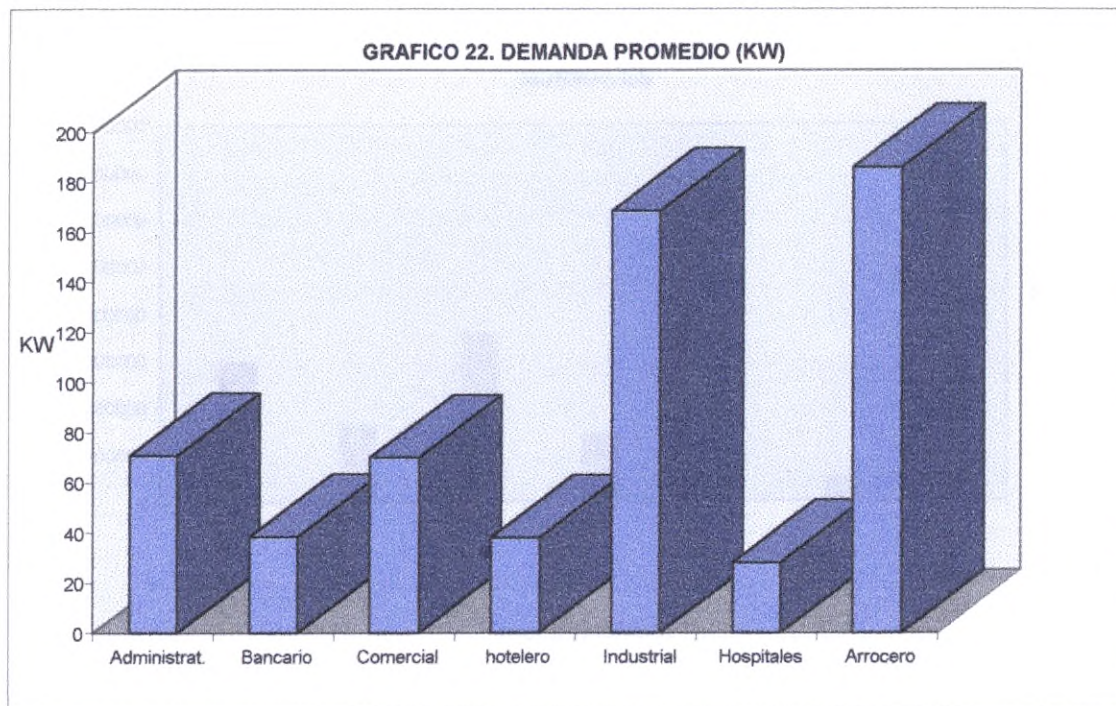
La demanda promedio (ver gráfico 22) se observa mayor reflejada en los mismos sectores industrial arrocerero, industrias varias y comercial, que como ya se ha mencionado son los mayores consumidores.

DEMANDA PROMEDIO SECTOR PRIVADO (KW)

Tipo Usuario Dem. Prom. Código

Administrat.	70,6	A
Bancario	38,5	B
Comercial	69,92	C
hotelero	37,93	H
Industrial	168,56	I
Hospitales	28	P
Arrocerero	186	Z

Ver gráfico 22, próxima página...

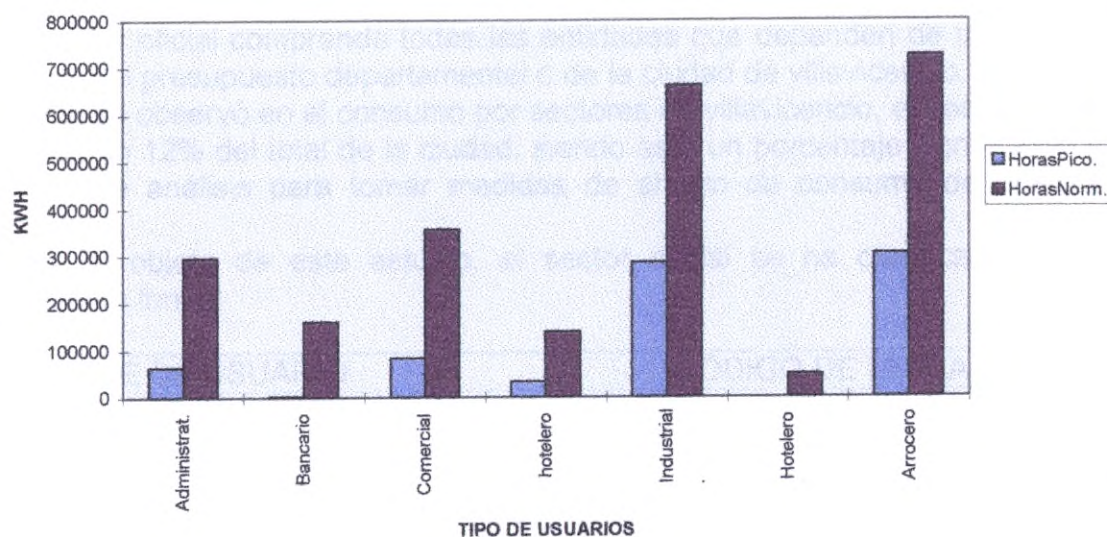


El gráfico 23 muestra un paralelo entre el consumo mensual promedio en horas pico y el consumo mensual promedio en horas regulares. Los mismos sectores siguen presentando los mayores valores de consumo en los dos casos, siendo lógicamente menores el consumo en horas pico debido a que ocupan un menor número de horas del día.

Consumo mensual promedio horas pico (KWH) y Consumo mensual promedio horas normales (KWH)

<u>Tipo Usuario</u>	<u>Cons.Prom. HorasPico.</u>	<u>Cons.Prom. HorasNorm.</u>	<u>Código</u>
Administrat.	63505	295914	A
Bancario	2367	160579	B
Comercial	82625	356460	C
hotelero	31741	138406	H
Industrial	285289	660797	I
Hospitales	0	47900	P
Arrocero	304258	724857	Z

Ver gráfico 23, próxima página...

GRAFICO 23. CONSUMO MENSUAL PROMEDIO HORAS PICO Y HORAS NORMALES

2.3.3.SECTOR OFICIAL

El sector oficial comprende todas las entidades que dependen de una u otra forma del presupuesto departamental o de la ciudad de Villavicencio.

Como se observó en el consumo por sectores de Villavicencio, el sector oficial ocupó un 12% del total de la ciudad, siendo este un porcentaje significativo y digno de análisis para tomar medidas de ahorro de consumo de energía eléctrica.

Para el objeto de este estudio, el sector oficial se ha clasificado de la siguiente forma:

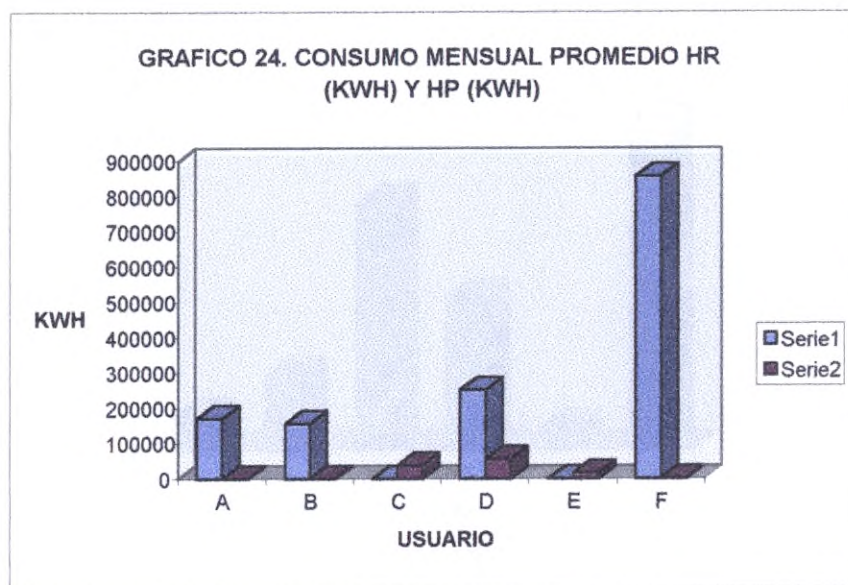
NOMBRE DE USUARIO	CÓDIGO DE LETRA
Centros de Salud	A
Centros educativos y culturales	B
Instituciones policivas y judiciales	C
Instituciones municipales y gubernamentales	D
Sitios públicos	E
EPV	F

El gráfico 24 muestra el consumo en horas reales (HR) y horas pico (HP) de todos los usuarios del sector oficial; Se observa que el sector "F" es el que presenta el mayor consumo de horas reales (El sector "F" no será considerado en este análisis ya que fué incluido en el análisis del acueducto), seguido del sector "D" que también presenta los mayores consumos en horas pico. El sector "D" representa las instituciones municipales y gubernamentales como el ICA el SENA etc., las cuales comúnmente poseen equipos que pueden generar altos niveles de consumo de energía, incluyendo también las instalaciones de iluminación que poseen en sus diferentes sedes.

CONSUMO MENSUAL PROMEDIO HR (KWH) Y HP (KWH)

USUARIO HR (kwh) HP (kwh)

A	170438	0
B	155302	0
C	0	36800
D	250782	54370
E	0	15400
F	857111	0



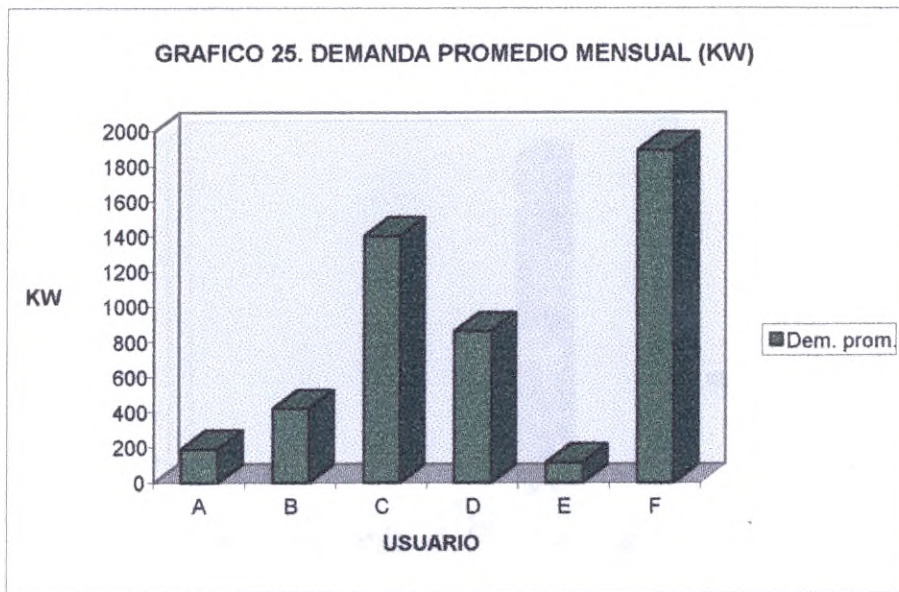
La demanda máxima está representada en el gráfico 25, en donde vemos que además del alto valor de las EPV, el sector "C" también muestra un valor significativo. El sector "C" identifica a las instituciones policivas y judiciales de la ciudad de villavicencio, y sus diferentes estaciones y sedes generan una gran demanda.

DEMANDA MAXIMA MENSUAL PROMEDIO

USUARIO Dem. prom.

A	190
B	420
C	1404
D	860
E	112
F	1890

Ver gráfico 25, próxima página...



El gráfico 26 describe la energía reactiva en el sector oficial. El Sector "E" presenta el más alto valor, y está comprendido por los parques, juntas de acción comunal, coliseos etc. ; Todos estos sitios representan altos consumos, sobretodo a nivel de iluminación, y como se observa en el gráfico, existe un gran desperdicio de energía eléctrica.

CONSUMO MENSUAL PROMEDIO REACTIVA (KWH)

USUARIO React.(KWH)

A	250
B	13570
C	4573,3
D	16160
E	170652
F	573,3

Ver gráfico 26, próxima página...

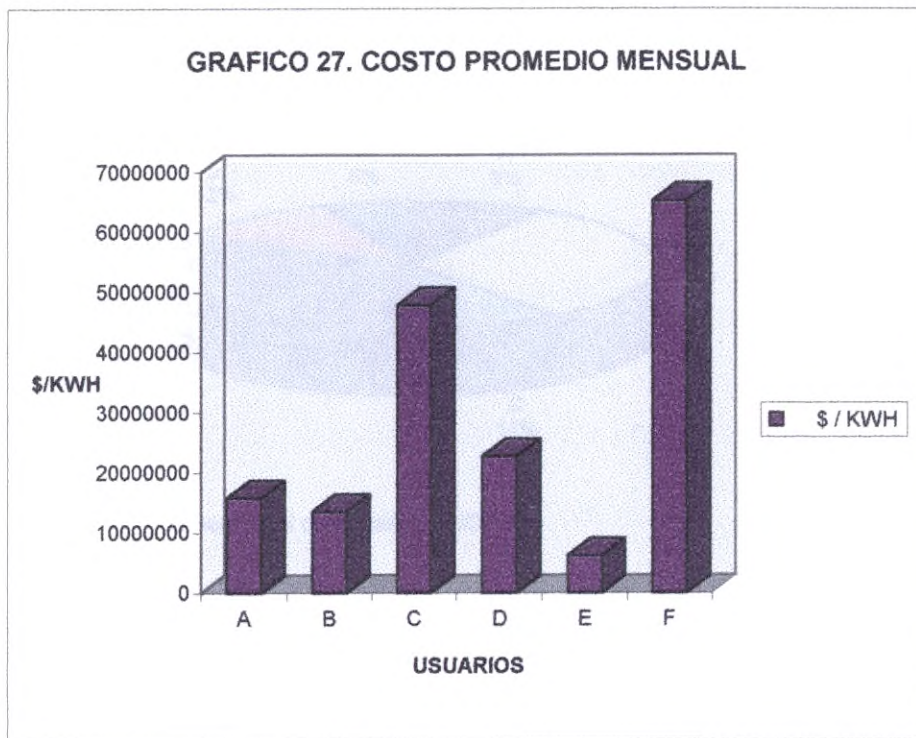


El gráfico 27 proporciona los costos representativos del consumo de energía eléctrica del sector oficial. El sector "C" presenta los más altos costos debido a que están incluidos los batallones, y demás instituciones policivas y judiciales, los cuales representan gran cantidad de población, que a su vez se traduce en mayores costos por consumo. Se deben considerar estos aspectos en la estimación de medidas de ahorro en consumo.

COSTO PROMEDIO MENSUAL

<u>USUARIO</u>	<u>\$ / KWH</u>
A	15792532
B	13487557
C	47861801
D	22678649
E	6214002
F	65157152

Ver gráfico 27, próxima página...



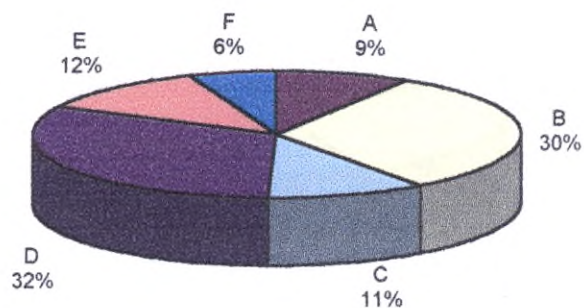
El sector oficial comprende en total 308 instituciones usuarias, entre las cuales los sectores "B" y "D" ocupan un 62% que corresponden a los centros culturales y educativos, y las instituciones gubernamentales y municipales (ver gráfico 26). Este porcentaje es lógico si se tienen en cuenta las numerosas escuelas y colegios que tiene la ciudad, y además la variedad de instituciones oficiales que existen.

NUMERO DE USUARIOS
SECTOR OFICIAL

USUARIO No. Usuarios

A	27
B	96
C	33
D	98
E	36
F	18

GRAFICO 28. NUMERO DE USUARIOS DEL SECTOR OFICIAL



Número total de usuarios = 308

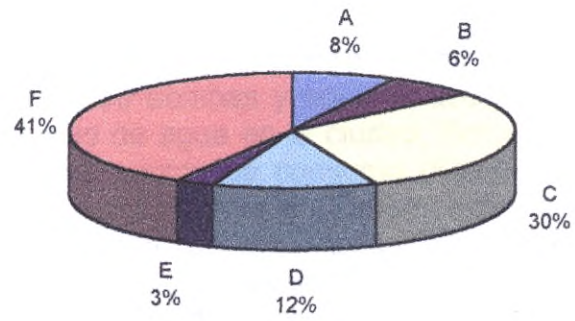
El consumo de energía del sector oficial en diciembre de 1995 está representado en el gráfico 29. Se observa que el sector "C" presenta el mayor consumo. Como se nombró anteriormente, este sector comprende las instituciones policivas y judiciales y su valor de consumo, refleja la magnitud de población del mismo.

CONSUMO MENSUAL PROMEDIO

USUARIO KWH

A	167893
B	141893
C	657540
D	258004
E	64416
F	909304

GRAFICO 29. CONSUMO PROMEDIO DIC. 1995



CONSUMO TOTAL PROMEDIO = 2'199.050 KWH

2.3.4. SECTOR ACUEDUCTO

El Acueducto de villavicencio es el principal consumidor de energía eléctrica, debido a la utilización de bombas y equipos accesorios necesarios para la distribución del servicio de agua en la ciudad. Por este motivo es necesario analizar los principales puntos de consumo (Estaciones de bombeo), para poder optimizar su funcionamiento con alternativas técnicas que tiendan a racionalizar la energía eléctrica y a su vez contribuyan a la disminución de los altos costos que este servicio representa.

El acueducto tiene un alto cubrimiento tanto en la ciudad como en el campo. En el occidente del departamento los municipios de Villavicencio, Acacías, Castilla la nueva, Cumaral, El castillo, Guamal y san juanito, gozan de servicio de acueducto, debido a su posición geográfica, puesto que allí drenan numerosas quebradas aprovechadas para el suministro de agua de estas áreas. En villavicencio, el agua se capta por medio de una infraestructura apropiada por gravedad y bombeo; sin embargo, la prestación del servicio no es óptima ya que no cuenta con plantas adecuadas de tratamiento de agua y su distribución no es continua. Por otro lado el consumo de energía de las estaciones es muy alto y ha conllevado al endeudamiento con le empresa electrificadora del Meta (EMSA).

La infraestructura del alcantarillado en los municipios que se encuentran en el área noroccidental tiene un cubrimiento por encima del 80% y son ellos: Villavicencio, Acacías, Cumaral, El calvario, Guamal, Restrepo, San juanito y San Martín; y los municipios que tienen menos del 3% son Cabuyaro, Castilla La nueva, La Macarena, Lejanías, Puerto Lleras y puerto rico. El bajo porcentaje de cubrimiento se debe al corto tiempo de conformación y por otro lado que la población usa los pozos sépticos elaborados por ellos mismos.

Los gráficos 30 y 30A representan el consumo mensual por estación, en kwh desde septiembre de 1994 hasta agosto de 1995.

Existen 13 estaciones entre las cuales Guatiquía, Abadía, La esmeralda y La llanura registran los mayores valores de consumo, que se encuentran en un rango de 11000 kwh - 600000 kwh mensuales, siendo estos valores altamente significativos.

Las nueve estaciones restantes registran valores entre 1500 kwh - 11000 kwh mensuales que de igual manera representan un consumo considerable.

Es importante anotar que existen algunos valores que permanecen constantes; esto es debido a que se han establecido tarifas estimativas promedio de acuerdo al consumo de estas estaciones.

CONSUMO MENSUAL POR ESTACION KW-H

	<u>Guatiquía</u>	<u>Abadía</u>	<u>La Esmeralda</u>	<u>La LLanura</u>
Septiembre	323400	1650	54120	12360
Octubre	356400	1650	58080	12720
Noviembre	521400	11550	71280	12520
Diciembre	299640	191400	63360	14120
Enero	298320	245850	72600	11440
Febrero	592680	254100	80520	14880
Marzo	377520	260700	52800	9440
Abril	467280	280500	68640	13240
Mayo	353760	331650	36960	9000
Junio	283800	34750	48840	12607
Julio	543840	194700	44880	11767
Agosto	575520	287925	58080	11822

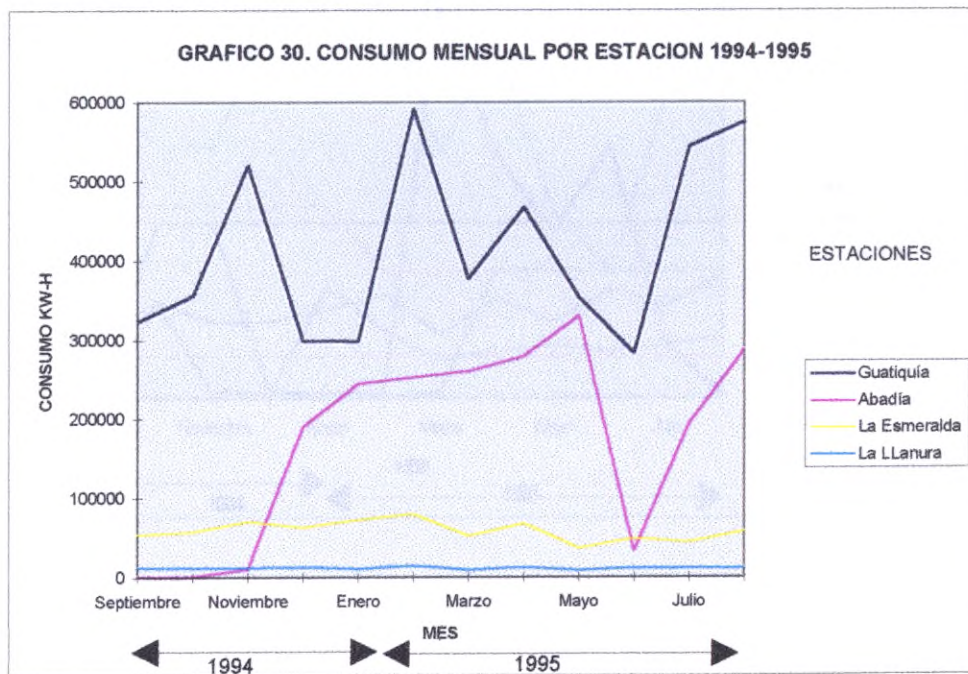
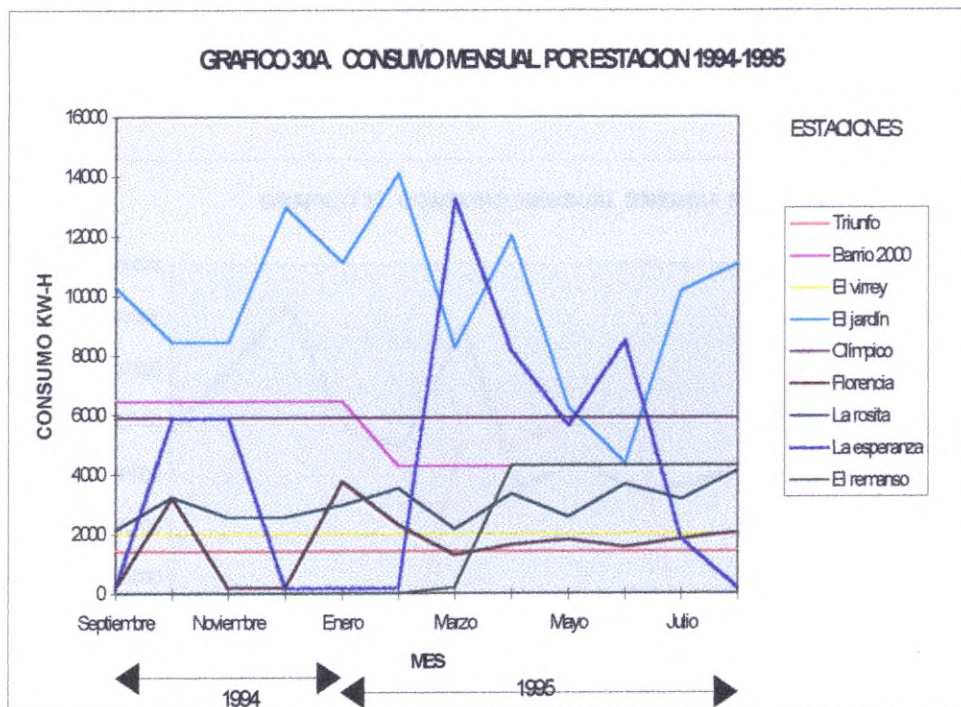


GRAFICO 30A. CONSUMO MENSUAL POR ESTACION 1994-1995

Triunfo Barrio 2000 El virrey El jardín Olímpico Florencia La rosita La esperanza El remanso

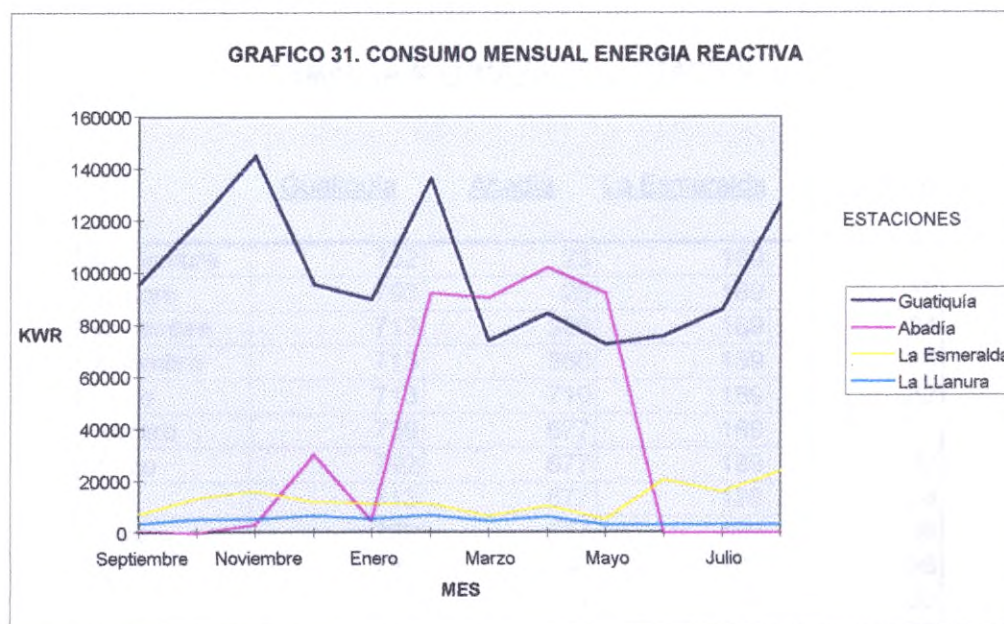
Septiembre	1440	6480	2016	10333	5904	200	2131	200	0
Octubre	1440	6480	2016	8457	5904	3227	3245	5904	0
Noviembre	1440	6480	2016	8493	5904	200	2575	5904	0
Diciembre	1440	6480	2016	12992	5904	200	2583	200	0
Enero	1440	6480	2016	11137	5904	3759	2986	200	0
Febrero	1440	4320	2016	14143	5904	2306	3528	200	0
Marzo	1440	4320	2016	8284	5904	1298	2172	13263	200
Abril	1440	4320	2016	12055	5904	1649	3353	8186	4320
Mayo	1440	4320	2016	6284	5904	1832	2579	5655	4320
Junio	1440	4320	2016	4393	5904	1569	3883	8519	4320
Julio	1440	4320	2016	10181	5904	1841	3168	1877	4320
Agosto	1440	4320	2016	11094	5904	2069	4127	200	4320



El gráfico 31 revela el consumo mensual de energía reactiva de las estaciones Guatiquía, Abadía, La esmeralda y La llanura, y muestra claramente el alto consumo que representa la estación Guatiquía.

CONSUMO MENSUAL ENERGIA REACTIVA

	<u>Guatiquía</u>	<u>Abadía</u>	<u>La Esmeralda</u>	<u>La LLanura</u>
Septiembre	95700	625	7260	3580
Octubre	119460	0	13200	5280
Noviembre	145200	3300	15840	5420
Diciembre	95700	30525	11880	6700
Enero	89760	4950	11220	5560
Febrero	136620	92400	11220	7040
Marzo	73920	90750	6600	4520
Abril	84480	102300	10560	6220
Mayo	72600	92400	5280	3260
Junio	75900	0	20460	3260
Julio	85800	0	15840	3260
Agosto	126720	0	23760	3260



Las estaciones Guatiquía y Abadía reflejan el aumento del consumo de energía después de temporada de vacaciones, es decir a partir de febrero.

La estación Abadía queda fuera de servicio a partir de junio de 1995, y se puede observar que en los períodos en que está inactiva, aumenta el consumo en la estación Guatiquía. Las estaciones Esmeralda y la llanura conservan un comportamiento constante durante todo el año.

La demanda máxima representa los kw de máxima carga eléctrica de cada estación. Los gráficos 32 y 32A muestran los valores de demanda máxima Mensual en cada una de las estaciones de bombeo. En el gráfico 32 se aprecia un gran incremento en la estación Abadía, entre octubre de 1994 y enero de 1995; en las demás estaciones el comportamiento es relativamente constante.

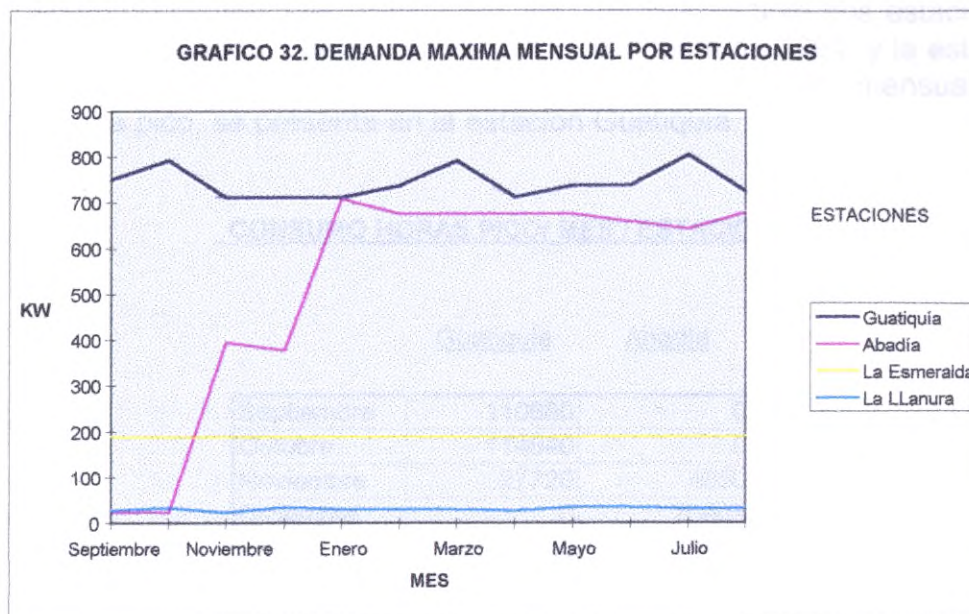
En el gráfico 32A se aprecia un incremento en la estación La esperanza en diciembre de 1994, que coincide con un descenso en la estación Barrio 2000 a partir de febrero de 1995, esto asume un apoyo de bombeo entre estas dos estaciones.

La estación El remanso empieza a operar activamente a partir de abril y conserva una demanda máxima constante.

Las demás estaciones presentan demanda máxima constante durante todo el año.

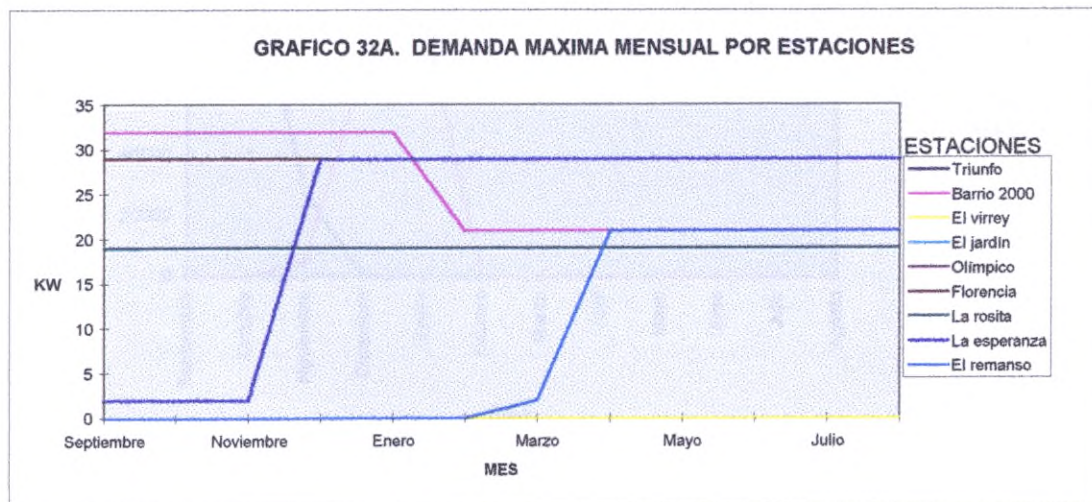
DEMANDA MAXIMA / MES / ESTACION

	<u>Guatiquía</u>	<u>Abadía</u>	<u>La Esmeralda</u>	<u>La LLanura</u>
Septiembre	752	25	189	29
Octubre	793	25	189	35
Noviembre	713	396	189	24
Diciembre	713	380	189	36
Enero	713	710	189	32
Febrero	739	677	189	32
Marzo	792	677	189	32
Abril	713	677	189	28
Mayo	739	677	189	36
Junio	739	660	189	36
Julio	805	644	189	33
Agosto	726	679	189	33



Triunfo Barrio 2000 El virrey El jardín Olímpico Florencia La rosita La esperanza El remanso

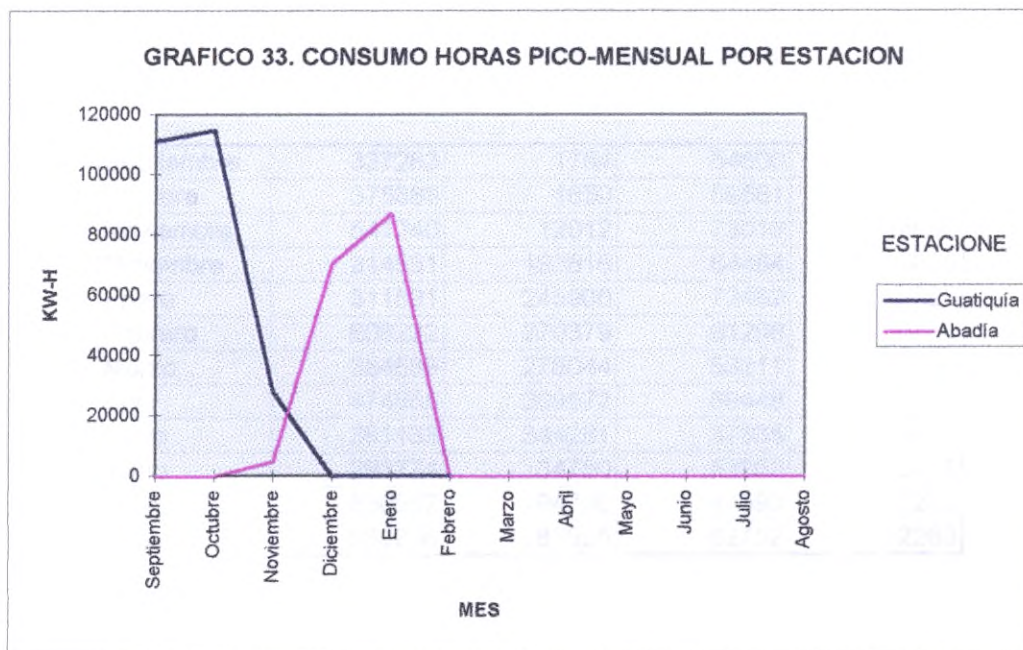
Septiembre	0	32	0	29	29	29	19	2	0
Octubre	0	32	0	29	29	29	19	2	0
Noviembre	0	32	0	29	29	29	19	2	0
Diciembre	0	32	0	29	29	29	19	29	0
Enero	0	32	0	29	29	29	19	29	0
Febrero	0	21	0	29	29	29	19	29	0
Marzo	0	21	0	29	29	29	19	29	2
Abril	0	21	0	29	29	29	19	29	21
Mayo	0	21	0	29	29	29	19	29	21
Junio	0	21	0	29	29	29	19	29	21
Julio	0	21	0	29	29	29	19	29	21
Agosto	0	21	0	29	29	29	19	29	21



El consumo horas pico (ver gráfico 33) se presenta en sólo dos estaciones. En la estación Guatiquía entre septiembre y noviembre de 1994, y la estación Abadía entre noviembre de 1994 y enero de 1995. El consumo mensual más alto de horas pico, se presenta en la estación Guatiquía.

CONSUMO HORAS PICO/ MES / ESTACION

	<u>Guatiquía</u>	<u>Abadía</u>
Septiembre	110880	0
Octubre	114840	0
Noviembre	27720	4950
Diciembre	0	70905
Enero	0	87450
Febrero	0	0
Marzo	0	0
Abril	0	0
Mayo	0	0
Junio	0	0
Julio	0	0
Agosto	0	0



Para hallar la energía eléctrica total consumida por las estaciones que tienen energía reactiva, se efectúa la siguiente operación:

$$\sqrt{KWH^2 + KWR^2}$$

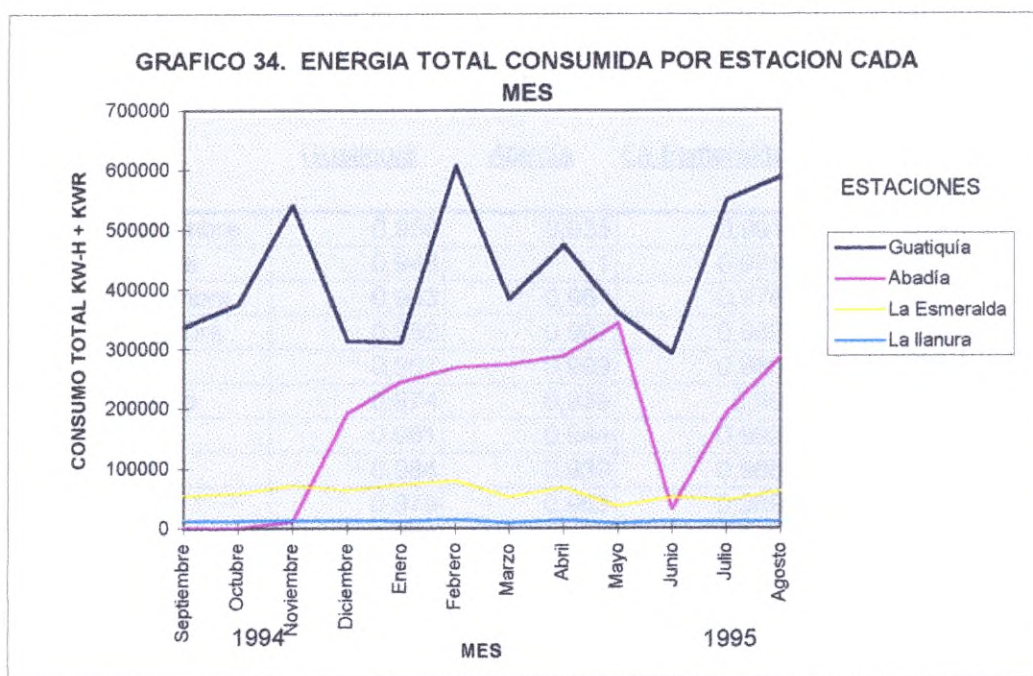
Tomando los valores mensuales de cada una de estas estaciones (ver gráfico 34), se observan disminuciones radicales en temporada de vacaciones (junio), en las estaciones Guatiquía y Abadía, y comportamientos relativamente constantes en las líneas de las estaciones Esmeralda y La llanura.

Energía total (E.T.)

$$E.T. = \sqrt{(kwh)^2 + (kwr)^2}$$

Guatiquía Abadía La Esmeralda La llanura

Septiembre	337263	1764	54600	12868
Octubre	375888	1650	59561	13772
Noviembre	541240	12012	73019	13643
Diciembre	314551	193818	64464	15629
Enero	311531	245900	73462	12720
Febrero	608222	270379	81298	16461
Marzo	384689	276044	53211	10466
Abril	474855	289572	69448	14628
Mayo	361133	344281	37335	9572
Junio	293774	34750	52952	13021
Julio	550567	194700	47593	12210
Agosto	589306	287925	62752	12263



El factor de potencia nos determina el porcentaje de energía utilizada, con respecto a la energía total.

$$F.P. = \text{KWH} / \text{E.T.}$$

En el gráfico 35 los mayores valores de factor de potencia se encuentran en la estación Abadía, seguida por la estación la esmeralda.

Los valores mas bajos los representan las estaciones Guatiquía y La Ilanura. (ver gráfico 35).

KW-H

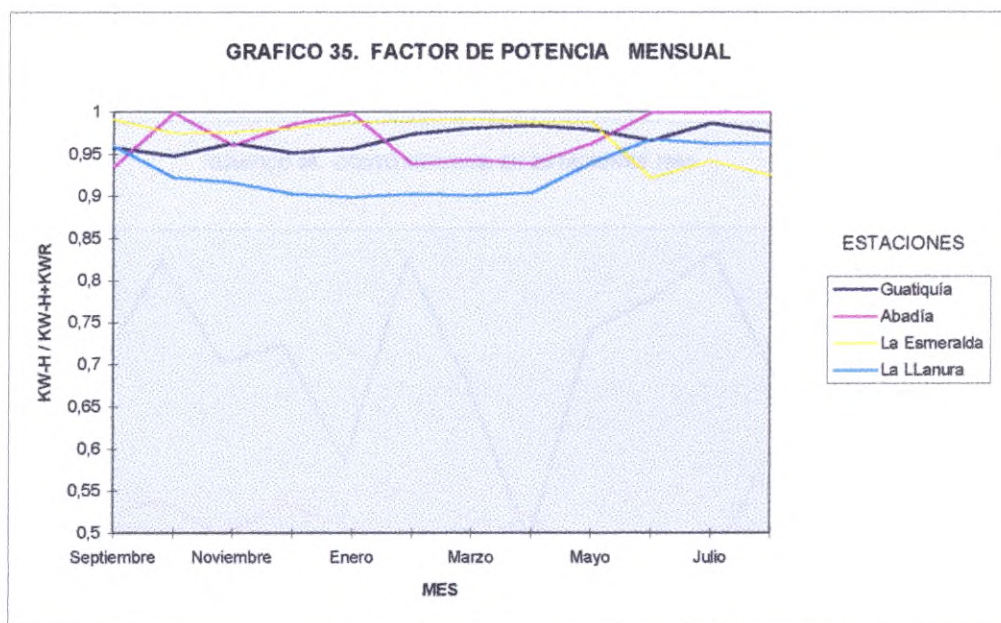
Guatiquía Abadía La Esmeralda La LLanura

Septiembre	323400	1650	54120	12360
Octubre	356400	1650	58080	12720
Noviembre	521400	11550	71280	12520
Diciembre	299640	191400	63360	14120
Enero	298320	245850	72600	11440
Febrero	592680	254100	80520	14880
Marzo	377520	260700	52800	9440
Abril	467280	280500	68640	13240
Mayo	353760	331650	36960	9000
Junio	283800	34750	48840	12607
Julio	543840	194700	44880	11767
Agosto	575520	287925	58080	11822

FACTOR DE POTENCIA

Guatiquía Abadía La Esmeralda La LLanura

Septiembre	0,958	0,935	0,991	0,96
Octubre	0,948	1	0,975	0,923
Noviembre	0,963	0,961	0,976	0,917
Diciembre	0,952	0,987	0,982	0,903
Enero	0,957	0,999	0,988	0,899
Febrero	0,974	0,939	0,99	0,903
Marzo	0,981	0,944	0,992	0,901
Abril	0,984	0,939	0,988	0,905
Mayo	0,979	0,963	0,989	0,94
Junio	0,966	1	0,922	0,968
Julio	0,987	1	0,942	0,963
Agosto	0,976	1	0,925	0,964



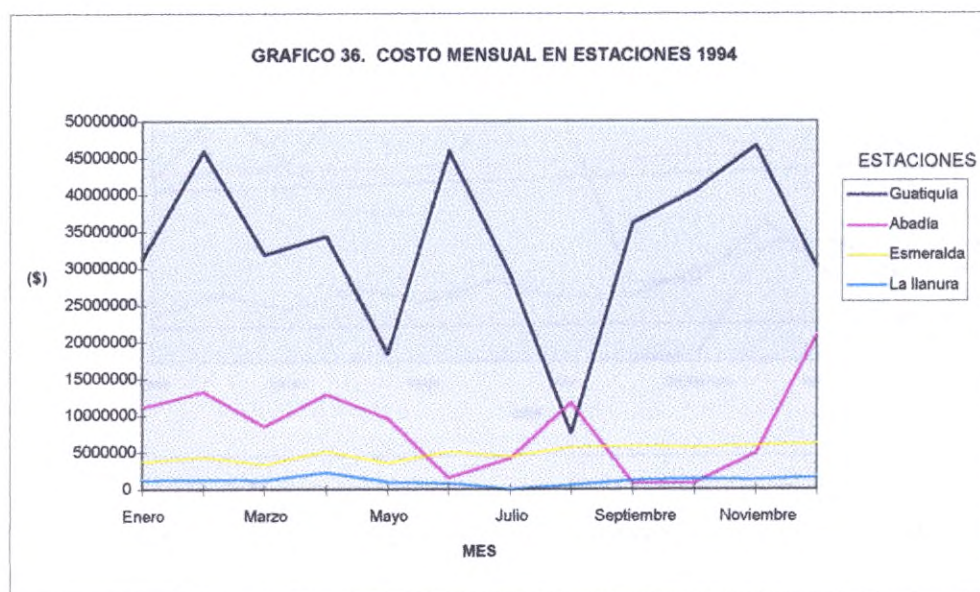
El gráfico 36 muestra los altos costos que representan las estaciones Guatiquía, Abadía, Esmeralda y La llanura, cuyos valores mensuales oscilan entre \$1'000.000 - \$45'000.000.

El gráfico 36A muestra los costos de las otras nueve estaciones, cuyos valores mensuales se encuentran entre \$40.000 - \$1'000.000.

COSTO MENSUAL EN ESTACIONES 1994

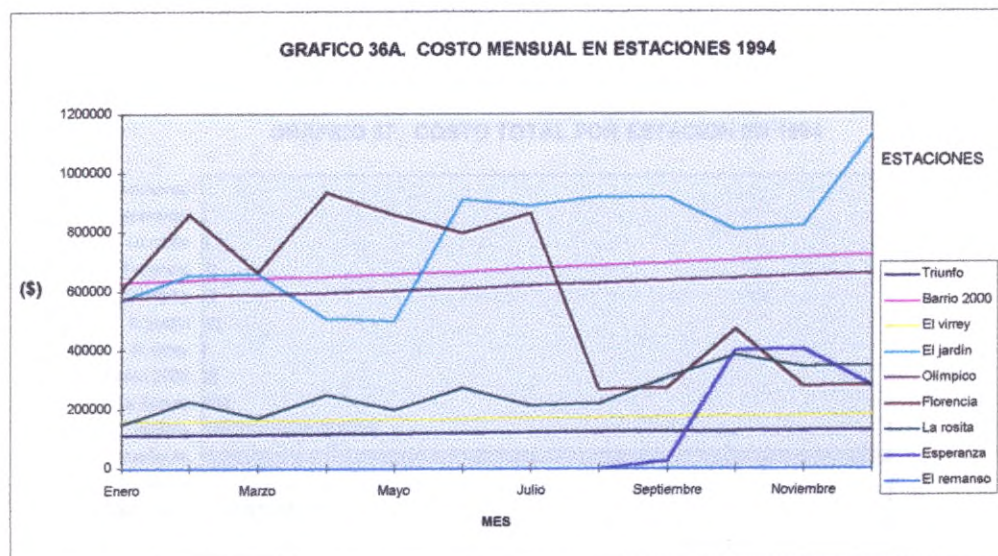
Guatiquía Abadía Esmeralda La Ilanura

Enero	31261255	11243816	3744758	1324643
Febrero	46014855	13373422	4439696	1418989
Marzo	31897611	8692960	3441215	1307325
Abril	34415963	13074435	5229746	2423716
Mayo	18448101	9777696	3611211	1127284
Junio	46049385	1667423	5221981	877318
Julio	29147428	4284230	4515793	47608
Agosto	7684656	11887059	5770285	665108
Septiembre	36237918	1041971	5949533	1288379
Octubre	40592249	1001286	5805834	1504029
Noviembre	46774113	4970895	6040863	1419886
Diciembre	30164874	21050841	6295553	1751117
	398688408	102066034	60066468	15155402



COSTO MENSUAL EN ESTACIONES 1994

	Triunfo	Barrio 2000	El virrey	El jardín	Olimpico	Florencia	La rosita	Esperanza	El remaneo
Enero	113904	633823	159466	573291	577483	607895	149370	0	0
Febrero	115171	640872	161240	656784	583906	861317	225628	0	0
Marzo	116654	648017	163316	663194	590415	664642	170346	0	0
Abril	118210	652603	165433	508922	594593	934993	248651	0	0
Mayo	119736	660590	167570	500350	601871	858747	198978	0	0
Junio	121277	669140	169727	912374	609661	795779	272031	0	0
Julio	122846	681423	171924	890497	620853	864689	214128	0	0
Agosto	124430	690045	174142	922533	628707	267815	219136	0	0
Septiembre	126029	698906	176380	920592	636781	271269	306755	27181	0
Octubre	127656	707944	178658	810731	645016	471252	383029	401472	0
Noviembre	129298	717094	180956	823579	653352	278314	343926	406666	0
Diciembre	130968	726356	183295	1133852	661791	281905	348901	281905	0
	1466179	8126813	2052107	9316679	7404429	7158417	3080879	1117224	0



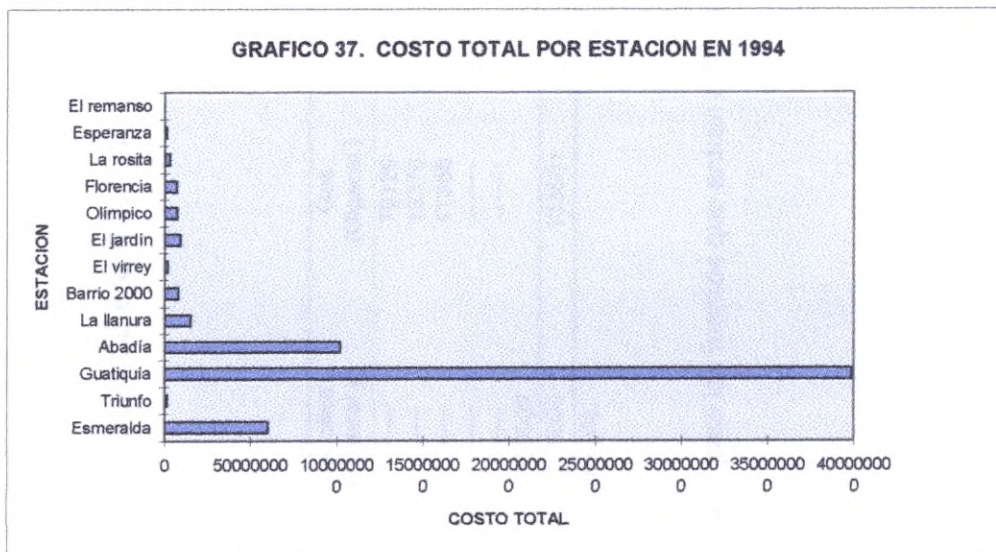
Después de observar estas cifras, se obtienen los costos totales por estación en 1994 (ver gráfico 37), y se aprecian los excesivos valores anuales, cuyo rango vá desde \$1'000.000 hasta \$400'000.000 .

Por este motivo la empresa de acueducto de villavicencio ha adquirido deudas mayores a los \$5000'000.000 en cuanto a energía eléctrica se refiere, y hoy en día su estabilidad económica es crítica.

COSTO TOTAL POR ESTACION EN 1994

Estación Costo total

Esmeralda	60066468
Triunfo	1466179
Guatiquía	398688408
Abadía	102066034
La llanura	15155402
Barrio 2000	8126813
El virrey	2052107
El jardín	9316679
Olimpico	7404429
Florencia	7158417
La rosita	3080879
Esperanza	1117224
El remanso	0

GRAFICO 37. COSTO TOTAL POR ESTACION EN 1994

2.4. BALANCE ENERGETICO DE LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO

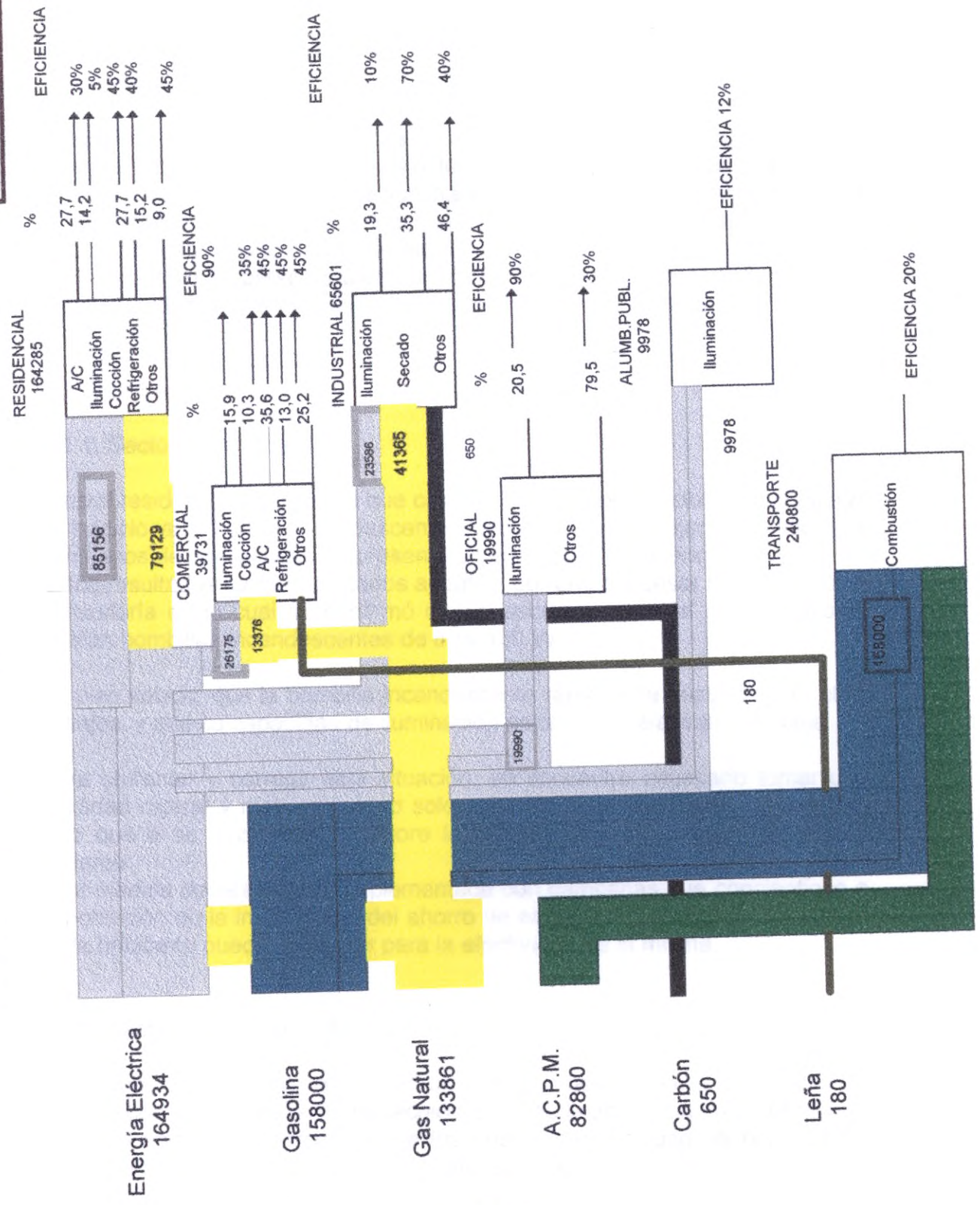
Sector/ Consumos	Energía Eléctrica (Gigacal.)	Gasolina (Gigacal.)	Gas (Gigacal.)	A.C.P.M. (Gigacal.)	Carbón (Gigacal.)	Leña (Gigacal.)	Totales (Gigacal.)
Residencial	85156	-----	79129	-----	-----	-----	164285
Comercial	26175	-----	13376	-----	-----	180	39731
Industrial	23586	-----	41356	-----	650	-----	65592
Oficial	19990	-----	-----	-----	-----	-----	19990
Alumb.Púb.	9978	-----	-----	-----	-----	-----	9978
Transporte	-----	158000	-----	82800	-----	-----	240800
Totales	164885	158000	133861	82800	650	180	540376

Fuente: Datos obtenidos de encuestas realizadas por la consultoría.
Estos datos pertenecen al año 1995.

El balance de energía ha sido tomado solo para las fuentes que entran o se generan únicamente en el sector urbano de Villavicencio.

BALANCE DE ENERGIA DE LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO

UNIDAD ENERGETICA
Gigacalorías - 100.000.000 Calorías



E N E R G I A T O T A L

540425

3. DIAGNOSTICO ENERGETICO DE LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO

Después de identificar los frentes de ineficiencia energética en la ciudad de villavicencio, se concluye que existen problemas en lo que respecta al consumo de energía, a nivel de iluminación, refrigeración, aire acondicionado, y en grandes motores como los que se encuentran en las estaciones de bombeo del acueducto de villavicencio.

A continuación se presentará el diagnóstico de la situación actual energética en esta ciudad, partiendo de los frentes que presentan debilidades.

3.1. Iluminación

3.1.1. Sector residencial

A nivel residencial se observa que casi el 100% de este sector, aún conserva la tradicional bombilla incandescente, lo cual se ve reflejado en los altos consumos de energía que se presentaron en la sección anterior.

Estos resultados fueron ratificados además, por una encuesta realizada por la consultoría en la cual se confirmó que el sector residencial en su mayoría, utilizan bombillas incandescentes de 60 y 100 Watts.

Es bien sabido, que la bombilla incandescente representa relativamente altos vatiajes, y que su capacidad de iluminación es también relativamente baja.

Para enfrentar y corregir esta situación, se encuentra necesario tomar una medida radical y masiva que no solo evite los altos consumos de energía, sino que a su vez también mejore la calidad de luz en cada uno de los hogares.

Esta medida deberá estar complementada con campañas que concienticen a la población de la importancia del ahorro de energía, y de la forma en la cual cada habitante puede colaborar para la efectividad de la misma.

3.1.2. Sector Alumbrado público

En el alumbrado público se observaron dos tipos de problemas principales. El primero que respecta al sistema técnico, es el de la presencia de bombillas de mercurio en un alto porcentaje de los postes de la ciudad; la bombilla de vapor de mercurio, representa altos vatiajes y por lo tanto un gran consumo de energía eléctrica.

Mediciones de iluminación realizadas por la consultoría en varios sectores del alumbrado público en la ciudad de Villavicencio, arrojaron resultados decepcionantes del estado de iluminación en que se encuentran las calles de esta ciudad. Es decir que se está consumiendo gran cantidad de energía eléctrica y además el sistema de luminarias representa un bajo rendimiento de iluminación.

El segundo problema está relacionado con el sistema tarifario que la electrificadora del Meta tiene asignado al alumbrado público; este sistema tarifario es estimado bajo un porcentaje del consumo de cada sector, lo que significa que los costos de energía no están siendo representativos del consumo real del alumbrado público. Es por lo tanto necesario que la electrificadora del Meta instale medidores, que especifiquen el consumo real del alumbrado público, para poder implementar medidas concretas en lo que a este sector respecta.

3.1.3. Sectores comercial y oficial

El problema a nivel de iluminación en estos sectores radica más en el vatiaje, que en el sistema de luminarias. Es decir que actualmente se encuentran luminarias fluorescentes que pueden ser fácilmente reemplazadas por luminarias también fluorescentes pero con vatiaje más reducido, disminuyendo a su vez el consumo de energía y mejorando las características de iluminación.

La teoría de esta implementación está basada en estudios que comprueban, que en tubos fluorescentes más pequeños, con tecnología trifósforo, generan mayor cantidad de iluminación por tener un espacio de emisión de luz más reducido, lo que genera menores pérdidas de luz y mayor propagación de la misma en el espacio a iluminar.

3.1.4. Arquitectura de la ciudad

La arquitectura de la ciudad de Villavicencio en un alto porcentaje, tiende más a la distribución y amplitud de espacios interiores, sin tener en cuenta las condiciones de iluminación natural que se requieren para un mejor aprovechamiento de la luz solar.

Existe un término apropiado para definir la estructura actual, y es el de "Deficiencia en proyectos de arquitectura solar".

Esto ha sido originado por el crecimiento desmesurado de la población en los

últimos años, lo que ha generado un desarrollo arquitectónico acelerado en la ciudad, sin dejar espacios de suficientes de tiempo para diseñar y proyectar sistemas eficientes de arquitectura solar.

El aprovechamiento de la luz solar es definitivo en cualquier proceso que esté dirigido a disminuir el consumo de energía eléctrica a nivel de iluminación, por lo tanto es muy importante implementar medidas de diseño que optimicen la utilización de la misma, sin alterar la comodidad arquitectónica de la población.

3.2. Acueducto

3.2.1. Motores de bombas

En inspecciones realizadas por la consultoría en las estaciones de bombeo del acueducto, "Guatiquía y Abadía", se concluyó que los motores actuales de las bombas en estas estaciones, presentan niveles de eficiencia más bajos a los requeridos, y, que además a medida que se disminuye el flujo de bombeo, los motores tienden a conservar la misma velocidad.

Esto explica los altos consumos de estas estaciones, debido al desperdicio de energía que se genera en los motores por las condiciones de operación mencionadas.

Por otro lado, la estación de bombeo "La Llanura" ha presentado factores de potencia muy bajos, lo que significa un alto consumo de energía reactiva. Esto representa un grave problema puesto que la energía real resulta ser un bajo porcentaje de la energía aparente, y los altos consumos generados están representados de igual manera en los costos de operación.

3.2.2. Redes de tubería del acueducto

Tendiendo a mejorar no solo el consumo de energía eléctrica en el acueducto, de manera adicional se observó un deterioro integral de las redes de tubería, que representa de manera efectiva el mal funcionamiento del servicio en muchas ocasiones.

Las redes primarias y secundarias requieren un reacondicionamiento o cambio general, complementándose además con la necesidad de instalación de sistemas de macromedición y macromedición.

3.3. Refrigeración (sector comercial)

Los sistemas actuales de refrigeración generan altos consumos de energía, debidos a los diseños de operación. Existen hoy en día equipos de refrigeración diseñados para trabajar con gas natural, y teniendo en cuenta la gran disponibilidad de este combustible en villavicencio, se requiere en un mínimo espacio de tiempo implementar estos sistemas, que representarían ahorros de energía muy considerables en el sector comercial.

Es importante dar a conocer a los establecimientos comerciales, aspectos técnicos, económicos y de operación de estos sistemas novedosos para motivar la masificación de esta medida.

3.4. Aire acondicionado

Actualmente en la ciudad de villavicencio los sistemas de aire acondicionado funcionan con energía eléctrica. Estos sistemas generan consumos y costos considerables en todos los sectores, sea cual sea la necesidad requerida, además estos sistemas no son ciento por ciento confiables ni efectivos.

Por estas razones es necesario e indispensable implementar sistemas de aire acondicionado que funcionen con gas, lo cual repercutiría directa y benéficamente en lo inherente a los siguientes aspectos:

- No hay consumo de energía eléctrica.
- Bajos costos.
- Rendimiento confiable y efectivo.
- Baja repercusión ambiental.
- Fácil disponibilidad de combustible.
- Impulso a la industria del gas en la ciudad.

3.5. Tabla de resultados del diagnóstico

A continuación se plantean las medidas de ahorro de energía que se deberán implementar, después de haber analizado el diagnóstico anterior.

MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGIA	ILUMINACION
MAE - 1	Cambio de bombilla incandescente a fluorescente a nivel residencial.
MAE - 2	Cambio de luminarias de vapor de mercurio por sodio de alta presión en el alumbrado público.
MAE - 3	Cambio de bombillería T12 a bombillería T8 en el sector comercial y oficial.
MAE - 4	Diseño y coordinación de proyectos de arquitectura solar eficiente.
	ACUEDUCTO
MAE - 5	Cambio de motores de bombas por motores de alta eficiencia.
MAE - 6	Corrección de Factores de potencia.
MAE - 7	Cambio gradual de tubería.
MAE - 8	Ajustadores de frecuencia para motores.
	REFRIGERACION
MAE - 9	Cambio de equipos actuales por equipos de refrigeración eficientes (Absorción).
	AIRE ACONDICIONADO
MAE - 10	Cambio de equipos de aire acondicionado eléctrico por equipos de gas natural.
MAE - 11	Conversión de sistemas de aire acondicionado convencional por uno acoplado por tierra.
	INDUSTRIA
MAE - 12	Cogeneración en la industria.

4. MEDIDAS PARA AHORRO DE ENERGIA EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO

Después de realizar un estudio profundo de los diferentes frentes de consumo de energía en la ciudad de villavicencio, se deduce que se deben tomar medidas correctivas y preventivas en todos los sectores conferidos a este estudio.

Las Medidas de Ahorro de Energía (MAE) sugeridas en la sección anterior serán estudiadas a continuación, y se analizará cada medida para obtener en cifras y costos los resultados que se obtendrán al implementar estas.

4.1. MAE - 1

CAMBIO DE BOMBILLAS INCANDESCENTES A FLUORESCENTES A NIVEL RESIDENCIAL

4.1.1. Aspectos técnicos



La luz visible puede ser natural o artificial. La luz artificial es típicamente producida por sistemas de iluminación que funcionan con energía eléctrica. Casi todos estos sistemas generan luz enviando corriente eléctrica ya sea a través de un elemento (el cual se calienta hasta alumbrar) o por medio de gases. En cada caso el resultado deseado es que átomos llegan a ser excitados hasta tal punto que llegan a emitir energía radiante.

El bulbo de luz incandescente es un ejemplo del primer método, y los sistemas fluorescentes y descarga de alta intensidad (HID) como mercurio, sodio a alta y a baja presión y haluros metálicos están relacionados con descarga de gases.

Todos los sistemas de luz contienen una lámpara la cual es la fuente física de luz. En los sistemas de descarga gaseosa la lámpara debe ser controlada por un balasto, que es el dispositivo que activa la lámpara y/o regula la corriente eléctrica. Esta combinación es parte de una luminaria, comúnmente llamada ensamble de luz, el cual está compuesto por : Lámpara, balasto y otros

equipos diseñados para distribuir la luz. Este equipo puede incluir el alojamiento de la lámpara y un material protector tal como lente de plástico, el cual tiene como propósito adicional, difundir o distribuir la luz en un patrón controlado.

El objetivo del sistema de iluminación es proveer la luz necesaria para que se puedan realizar actividades en áreas que carecen de luz natural.

Sin embargo la sola existencia de luz, no garantiza la ejecución exitosa de una actividad. La correcta "*cantidad*" y "*calidad*" de iluminación debe ser provista a las personas para asegurar una efectiva ejecución de su actividad.

4.1.1.1. Cantidad de luz. La cantidad de luz en un área es vista como la relación entre la cantidad de luz emitida por la lámpara y la cantidad de luz que llega al área donde la gente la necesita; esto es llamado "*flujo luminoso*" (salida de luz o de lumen) e "*iluminancia*" (Nivel de luz) respectivamente.

4.1.1.1.1. Flujo luminoso. Es comúnmente referido a salida de lumen o de luz, es la cantidad de luz emitida por la lámpara y la unidad de medida es el "Lúmen".

Normalmente las lámparas son determinadas por lúmenes iniciales (lúmenes registrados recién conectada la lámpara) y lúmenes medios (registrados después del 40 % de vida útil de la lámpara), por ejemplo una lámpara fluorescente F32T8 según los catálogos tiene 2900 lúmenes iniciales y 2600 lúmenes medios.

4.1.1.1.2. Iluminancia. Comúnmente referida al nivel de luz, es la cantidad de luz medida el área de luz (plano de trabajo) en la cual se realiza una actividad. En una oficina típica el plano de trabajo sería considerado como un

plano invisible que descansa sobre el tope de un escritorio en donde se realizan la mayor parte de actividades diarias.

Numerosos factores intervienen sobre la cantidad de luz que llega a esta área. Incluyendo reflectancia de las superficies del salón, tamaño y proporciones del salón, acumulación de suciedad y polvo, y, las características mismas del ensamble de la lámpara.

El nivel de luz es medido en footcandles o en lux con un medidor de luz.

La relación entre la salida de luz y el nivel de luz es manifestada como footcandles o lux, debido a que estas medidas representan un lumen de densidad de luz por pie cuadrado o por metro cuadrado respectivamente.

Así como los lúmenes, los footcandles y los lux pueden ser medidos como cantidades iniciales y mantenidos.

Los principales factores que afectan la pérdida de cantidad de luz en el transcurso de la vida útil de las lámparas son: La suciedad, el polvo y la pérdida de lúmenes de la lámpara).

4.1.1.2. Calidad de luz. La calidad de luz describe cómo la luz emitida por la lámpara interactúa con el ambiente de trabajo; superficies del salón tales como topes de escritorios pantallas de computadores Etc, y directamente con el ojo humano.

Así como las personas necesitan la cantidad de luz necesaria, la calidad de luz también juega un papel muy importante para desarrollar las actividades

visuales cotidianas. Asegurar la apropiada calidad de luz involucra en primera instancia controlar la *Luminancia* y el *Rendimiento del color*.

4.1.1.2.1. Luminancia. La Luminancia o *brillo Fotométrico* es la luz emitida de una lámpara o de la superficie de un objeto después que ha pegado con luz de una lámpara.

El Brillo es la luz que podemos actualmente ver y que nos permite percibir objetos.

4.1.1.2.2. Rendimiento de color. Las lámparas varían en su habilidad para mostrar el color de los objetos. El rendimiento de color es la habilidad para mostrar los colores exactamente y mostrar las variaciones de sombra del color más claramente. Esta característica puede ser medida por el Índice de Rendimiento de color (CRI) en una escala de 0 a 100. Por ejemplo una lámpara tradicional fluorescente F40 tiene un CRI de 62, considerado "Bueno". Una Lámpara tricromática, por contraste mantiene un CRI de 70 a 85, considerado "Excelente".

4.1.2. RELACIÓN ILUMINACION - ELECTRICIDAD

El sistema de iluminación es parte de un sistema eléctrico. La electricidad es convertida en luz usando un sistema de lámpara o de Balasto-Lámpara como un medio. La unidad especificada para los dispositivos de iluminación, es el "Wattio". El Wattio es una unidad de medida de energía eléctrica requerida. La cantidad de energía eléctrica que un sistema de iluminación particular requiere para operar en un momento dado es expresada en "Wattios de Entrada". Una vez se conocen los lúmenes de salida de un sistema, y sus

Wattios de entrada son determinados, la "Eficiencia Relativa" puede ser determinada.

4.1.2.1. Ahorro De Energía

El término energía puede ser dividido en dos términos:

$$\text{Energía} = \text{Potencia} \times \text{Tiempo}$$

El ahorro de energía puede ser logrado reduciendo Potencia (carga conectada en watts o Kilowatts) o reduciendo tiempo (horas de uso en Kilowatts - Hora). Las opciones de reducción de energía incluyen modificar o reemplazar el sistema de iluminación por uno más eficiente, reemplazando componentes por otros que utilicen menos wattios o modificando las características de operación de la construcción para reducir Kilowatts - horas.

Si la potencia y el tiempo son reducidos el ahorro potencial de energía se verá incrementado.

Es importante tener en cuenta que existen diferentes tipos de lámparas las cuales en algunos casos están compuestas de diferentes elementos con el objetivo de lograr mayor cantidad y calidad de iluminación (lúmenes) utilizando menor wattiaje e incluso presentando mayor prolongación en su vida útil. A continuación veremos algunos tipos de lámparas y algunas de sus características:

	DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD					
	Incandescente, Incluyendo Tungsteno Halógeno	Fluorescente	Vapor de Mercurio. Auto Balasto	metal Haluro	Sodio alta presión. Color mejorado.	Sodio baja presión
Wattios	15-1500	15-219	40-1000	175-1000	70-1000	35-180
Vida útil (hr)	750-12000	7500-24000	15000-16000	1500-15000	24000	18000
Eficacia (Lumens/Watt)	15-25	55-100	50-60	80-100	75-140	más de 180
Lumen medio	Lejos a excelente	lejos a excelente	muy bueno	bueno	Excelente	Excelente

En la tabla se observa que la lámpara incandescente presenta los más bajos valores de horas de vida útil, así como el menor número de lúmenes por wattio con respecto a los otros tipos de lámparas; Esto significa que ofrece menor luminosidad, y a la vez está consumiendo mayor wattiaje.

Casi el 100% de la población residencial de villavicencio utiliza bombillas incandescentes de alto vatiaje, por lo tanto se considera la posibilidad de utilizar un bombillo más eficiente y que a la vez proporcione un ahorro de energía. Las fuentes de vatiaje sin embargo, no deben exceder la intensidad de luz que realmente se necesita para iluminar un espacio, o para realizar cualquier tipo de tarea.

Como se observó en la tabla anteriormente, el cambio de bombilla incandescente de 100 watt a bombilla fluorescente de 22 watt ocasiona no sólo un ahorro de energía, sino que a la vez aumentará la cantidad de lúmenes, proporcionando así, mejores características de calidad y cantidad de luz.

La adopción de esta medida debe ser complementada con el buen uso de la lámpara fluorescente, ya que estas tienen más vida útil mientras más se evite el continuo encendido y apagado de las mismas. Además es indispensable la concientización de la población de villavicencio acerca de un mejor uso racional de energía.

4.1.3. POTENCIALES DE AHORRO DE ENERGIA (A)

Watt Bombillas Incandescentes (I_1) 100 watt

Watt Bombillas Fluorescentes (F_1) 22 watt

Horas de consumo promedio (D_i) $H_i/\text{Día} \times 365\text{Días/Año}$. $i = 1,2,3,4,5, \text{etc.}$

Ahorro De Energía por cada bombillo cambiado (A_i) = $(I_1 - F_1) \times H/\text{Año}$

$$(A_i) = (100 - 22) \text{ watt} \times 1 \text{ Kw} / 1000 \text{ watt} \times D_i = \text{KwH/Año} . \quad i = 1,2,3,4,5, \text{etc}$$

4.1.4 POTENCIALES DE AHORRO ECONOMICOS (B)

Los cálculos son realizados con tarifas del año corriente (1996)

Tarifa promedio por kWh (X_i) = \$/kWH

ESTRATO	TARIFA PROMEDIO (X_i)
1	49,2
2	51,6
3	80,4
4	80,4
5	132

Ahorro de costos anuales en consumo (B_i) = $(A_i) \times (X_i) = \$ / \text{Año}$

Por cada bombillo cambiado:

Horas de uso diario Estrato	3 Hr.	4 Hr.	5 Hr.	6 Hr.	7 Hr.	8 Hr.
1	4202,2	5602,9	7003,6	8404,3	9805,1	11205,8
2	4407,2	5876,2	7345,3	8814,3	10283,4	11752,4
3	6867,0	9156,0	11444,9	13733,9	16022,9	18311,9
4	6867,0	9156,0	11444,9	13733,9	16022,9	18311,9
5	11274,1	15032,2	18790,2	22548,2	26306,3	30064,3

4.1.5. COSTOS DE IMPLEMENTACION (W)

El costo de implementación es la inversión que se debe efectuar en los diferentes aspectos que requieran la adecuación, montaje y diseño para ejecutar la medida sugerida.

Costo bombillo	=	\$ 12000
“ Instalación	=	1500
“ Interventoría	=	1000
“ Financiación Anual (20%)	=	3102
 Costo Total (W_1)	=	 \$ 17602

4.1.6. RECUPERACION SIMPLE DE INVERSION (R)

Recuperación simple de inversión (R_1) = W_1 / B_i

Horas de uso diario	3 Hr.	4 Hr.	5 Hr.	6 Hr.	7 Hr.	8 Hr.
Estrato						
1	4,2	3,1	2,5	2,1	1,8	1,6
2	4,0	3,0	2,4	2,0	1,7	1,5
3	2,6	1,9	1,5	1,3	1,1	1,0
4	2,6	1,9	1,5	1,3	1,1	1,0
5	1,6	1,2	0,9	0,8	0,7	0,6

Indica la los sectores en los cuales la R.S.I. es más rápida y por lo tanto, en donde se recomienda implantar la medida.

4.1.6.1. PROMEDIO DE BOMBILLOS ENCENDIDOS EN DIFERENTES HORAS DE USO EN CADA ESTRATO

<u>Estrato</u>	<u>Horas de Uso</u>				
	<u>2 Hr.</u>	<u>3 Hr.</u>	<u>4 Hr.</u>	<u>5 Hr.</u>	<u>6 Hr.</u>
1	0	1,0	0	0	0
2	2,0	3,0	3,4	0	0
3	2,4	4,2	2,9	3,6	3,3
4	0	4,8	4,3	4,0	0
5	0	3,0	4,7	0	0

*Estos datos fueron obtenidos en una encuesta realizada por la consultoría, en el sector residencial de Villavicencio.



Zona donde se usan menos de 2,9 bombillos promedio.



Zona donde se usan más de 2,9 bombillos promedio.

Como resultado de este análisis, podemos establecer que el número de puntos luminosos susceptibles de reemplazar por lámparas fluorescentes compactas, en el sector residencial, es de 100.000 unidades, lo que equivale a un valor de \$ 1760'200.000.

Estos resultados representan el cambio de dos bombillas por residencia, teniendo en cuenta las de mayor consumo (las que permanecen encendidas más de 4 horas diarias).

4.2. MAE - 2

CAMBIO DE LUMINARIAS DE VAPOR DE MERCURIO POR SODIO DE ALTA PRESION EN EL ALUMBRADO PUBLICO

4.2.1. Aspectos técnicos

4.2.1.1. Medidas de luminosidad en diferentes sectores de la ciudad de villavicencio.

Estos datos fueron tomados por la consultoría, en Marzo de 1996, en diferentes sectores representativos de la ciudad de villavicencio.

Después de los datos, se observarán las gráficas correspondientes de la ubicación de los postes y las medidas en cada sector.

	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2
d1	42,3	40	42	45,2	30,2	30,1	22,8	14,77
d2	48	39	42,3	45,5	30,3	30,1	28	14,48
d3	39,8							
d4	39,7							
p1 (F.C.)	6	7	7,2	7,3	0,7	3,4	9,8	1,5
p2 (F.C.)	2,9	2,5	8,3	5,5	0,5	1,2	1,6	1,8
p3 (F.C.)	0,1	0,5	0,5	0,3	0,1	0,1	1,7	2
p4 (F.C.)	1,4	0,3	0,4	0,5	0,1	0,1	3	0,8
H	6,36	8,5	7,8	7	5,5	6	6	1,95

A1 = Av. Llano / Cl. 37

A2 = Av. 40 / Cl. 27

B1 = Kra. 40 / Cl. 26C

B2 = CL. 41 / Kra. 41A

C1 = Cl. 19 / Kra. 41

C2 = Kra 40 / Cl. 33A

D1 = Parque (Parte superior)

D2 = Parque (Parte inferior)

d = distancia entre 2 postes

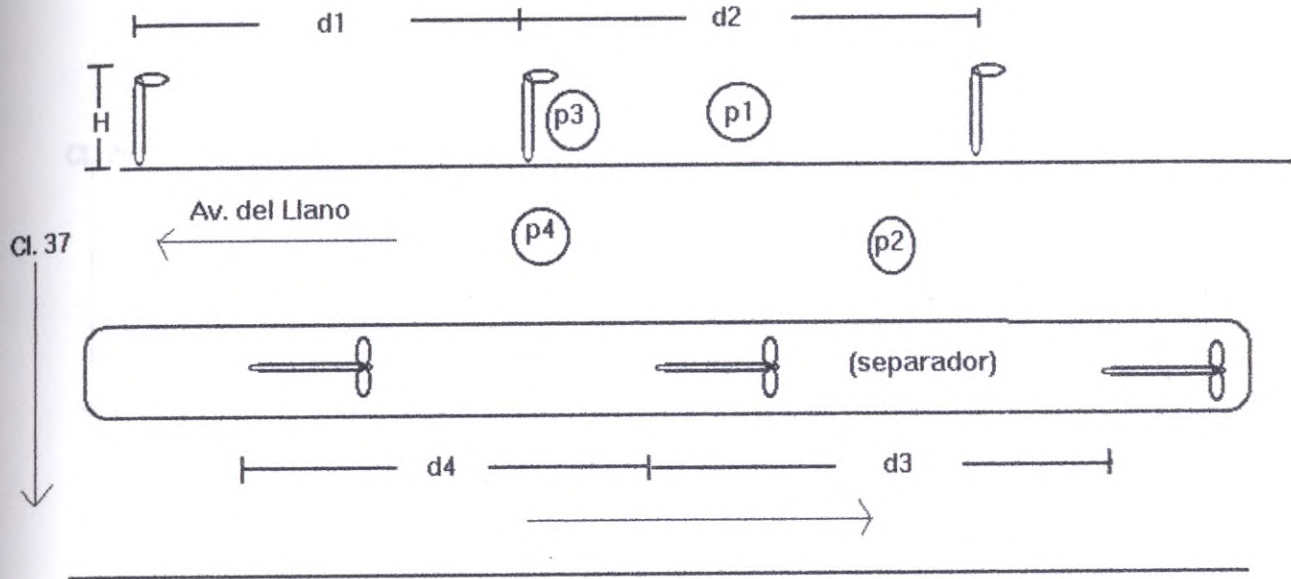
p (F.C.) = Medida en Foot Candles, en diferentes puntos

H = Altura promedio de postes en cada sector (A,B,C,D)

Altura de medición de Foot Candles = 1,42 m.

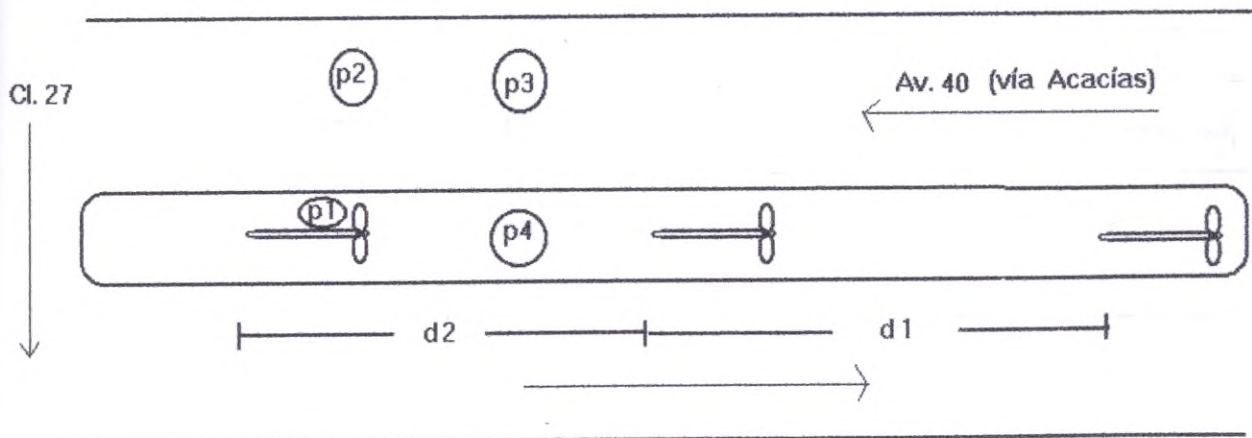
VIAS PRINCIPALES (A)

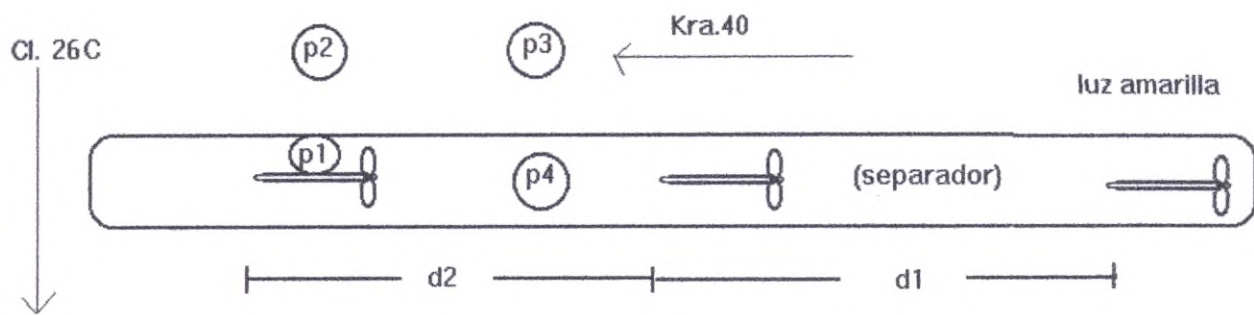
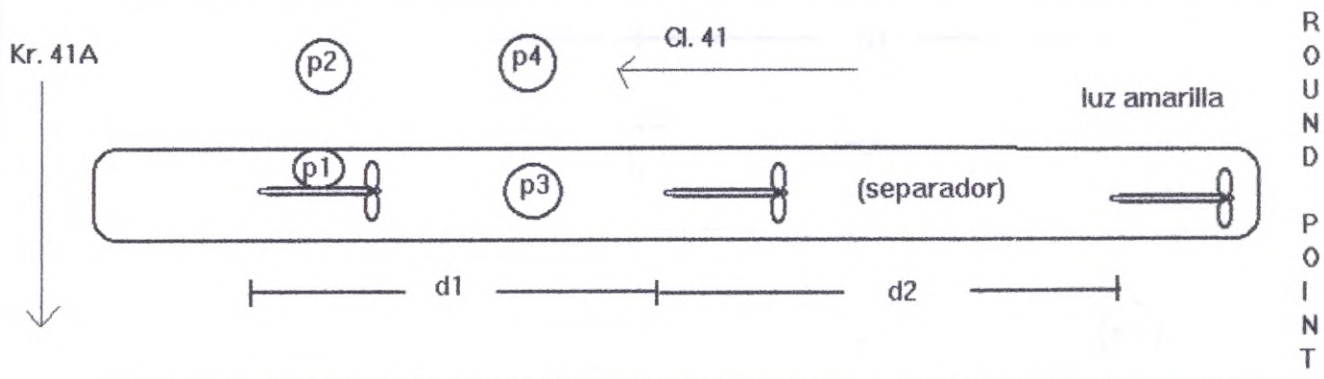
A1 = Avenida del Llano / Cl. 37



A2 = Av. 40 / Cl. 27

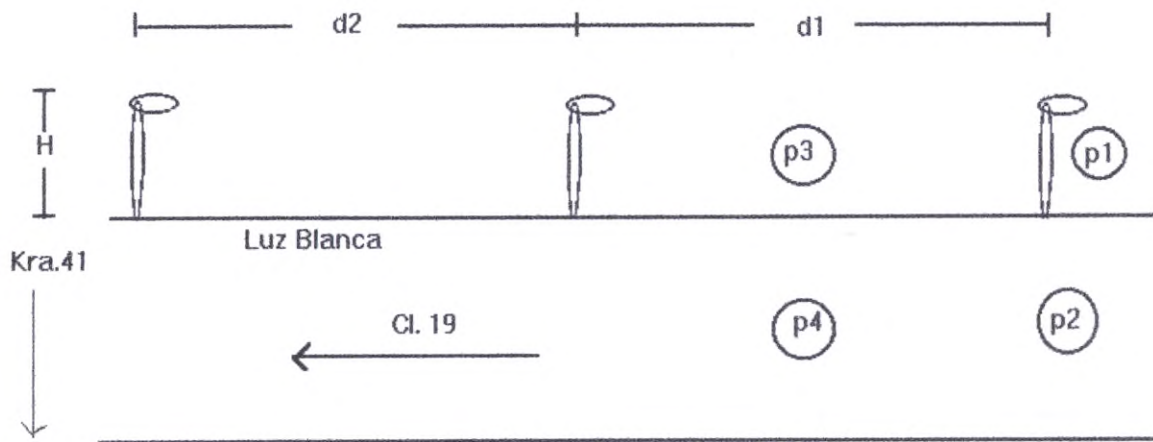
En la mayoría de los sectores y avenidas, sólo hay luz en un flanco o en el otro, y en las avenidas, sólo en el centro(separador).



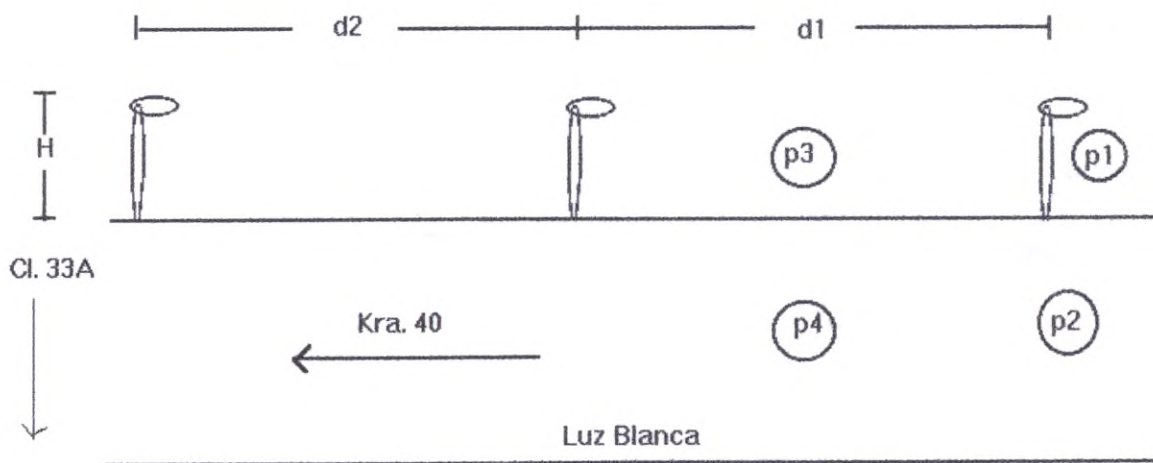
VIAS ALTERNAS (B)B1 = Kra. 40 / Cl. 26CB2 = Cl. 41 / Kra 41A

SECTOR RESIDENCIAL (C)

C1 = Cl. 19 / Kra. 41



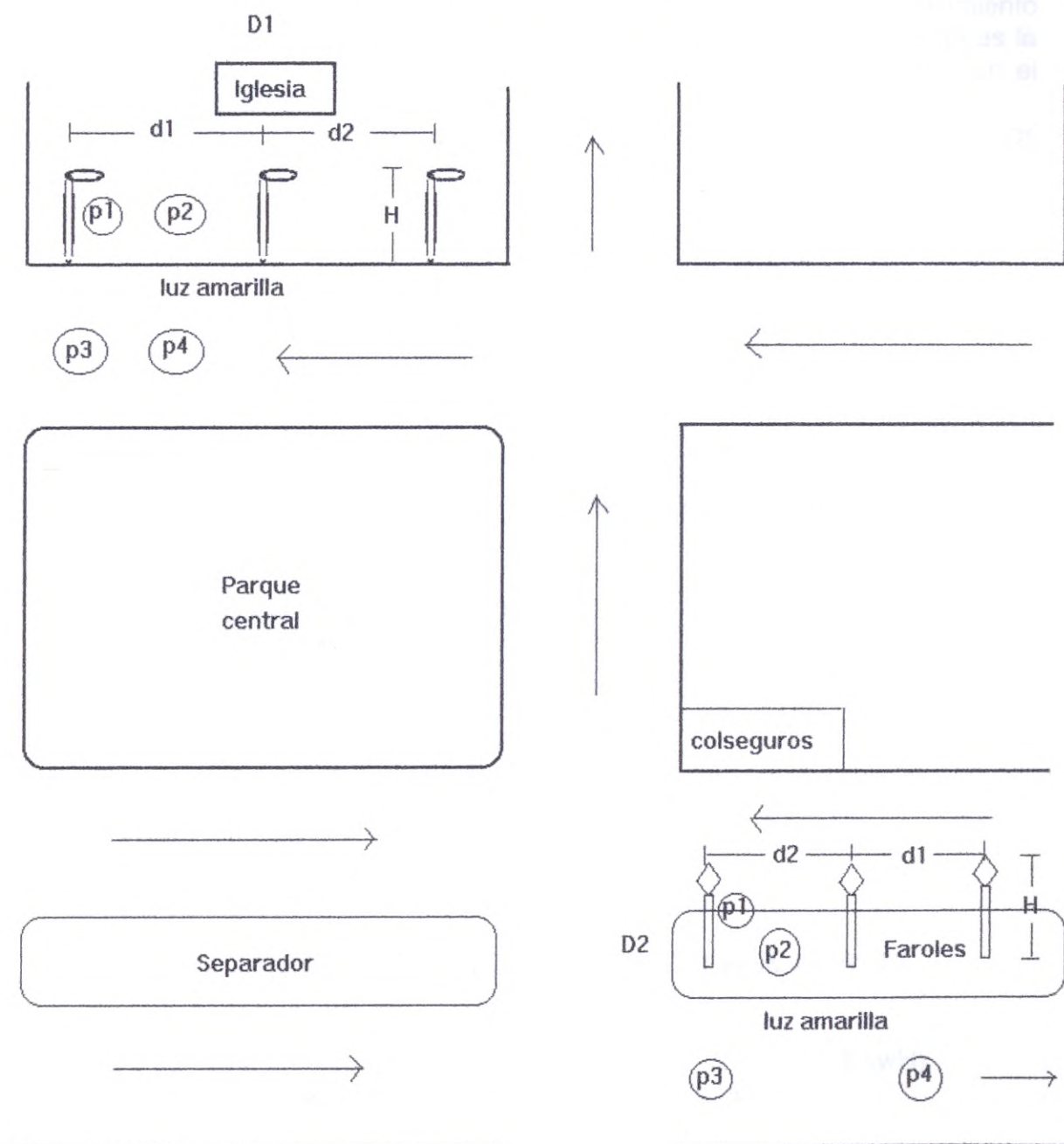
C2 = Kra. 40 / Cl. 33A



CENTRO DE LA CIUDAD (D)

D1 = Parte superior del parque

D2 = Parte inferior del parque



La lámpara de mercurio ofrece mejores características que la incandescente, ya que está provista de un bulbo claro que posee en su interior una cobertura de fósforo que provee un mejor rendimiento de color. Sin embargo su vida útil también es limitada y la cantidad de lúmenes por wattio es superada por las bombillas de sodio a alta presión. El sistema de sodio a alta presión es el más eficiente de los tipos de iluminación y tiene un excelente mantenimiento de lúmen, en el transcurso de su prolongada vida útil; por lo tanto esta es la medida que se recomienda implementar en la ciudad de Villavicencio en el alumbrado público.

A continuación se dará un promedio de algunas cotizaciones de los bombillos de sodio a alta presión.

	Promedio Cotización	
	Precio bombillo	Precio Balasto
70 watt	\$ 16545	\$ 12493
125 watt	\$ 18548	\$ 18100
250 watt	\$ 19732	\$ 26250

4.2.2. POTENCIALES DE AHORRO DE ENERGIA (A)

Wattios bombillos de mercurio $(M_1) = 125 \text{ w}$ $(M_2) = 250 \text{ w}$
 " " Sodio alta presión $(S_1) = 70 \text{ w}$ $(S_2) = 150 \text{ w}$
 Horas de consumo de promedio = 11 H/Día \longrightarrow 5015 H/Año

Ahorro de energía por bombillo cambiado $(A_2) =$

$$A_{2A} = (M_1 - S_1) \times 5015 = 276 \text{ KwH/Año (70 watt)}$$

$$A_{2B} = (M_2 - S_2) \times 5015 = 501 \text{ KwH/Año (150 watt)}$$

4.2.3. POTENCIALES DE AHORRO ECONOMICOS (T)

Costo por KwH en Alumbrado público $(X_2) = 41 \times 1,2 = 49,2 \text{ (\$/kWh)}$

Ahorro anual de costos en consumo por bombillo cambiado

$$(B_{2A}) = A_{2A} \times (X_2) = \$ 13579/\text{Año (70watt)}$$

$$(B_{2B}) = A_{2B} \times (X_2) = \$ 24649/\text{Año (150 watt)}$$

4.2.4. COSTOS DE IMPLEMENTACION (W)

	70 watt	150 watt
Costo de cada bombillo	= \$ 29.038	\$ 36.648
" Instalación *	= 0	0
" Diseño	= 0	0
" Financiación Anual (20%)	= 6.211	7.839
	$(W_{2A}) = \$ 35.249$	$(W_{2B}) = \$ 44.487$

* Los costos de instalación están a cargo de EMSA.

Costo del cambio de bombillas de mercurio de 125w a sodio 70w en Villavicencio:

	MERCURIO	
	125 w	250 w
No. de Bombillos a cambiar	2484	379

$$2.484 \times (\$ 35.249) = \$ 87'558.516$$

Costo del cambio de bombillos de mercurio de 250w a sodio 150w:

$$379 \times (\$ 44.487) = \$ 16'860.573$$

Costo total de implementación del MAE - 2 :

$$87'558.516 + 16'860.573 = \$ 104'419.089$$

4.2.5. RECUPERACION SIMPLE DE INVERSION (R)

Recuperación Simple de Inversión:

$$(R_{2A}) = W_{2A}/B_{2A} = 2,59 \quad (70 \text{ watt})$$

$$(R_{2B}) = W_{2B}/B_{2B} = 1,80 \quad (150 \text{ watt})$$

4.3. MAE- 3

CAMBIO DE BOMBILLERIA T12 A BOMBILLERIA T8 EN EL SECTOR COMERCIAL Y OFICIAL

4.3.1. Aspectos técnicos

La lámpara T8 de 32 watt (Es decir que una lámpara de dos tubos con balasto consume 71 watts) tiene como características principales, la tecnología Trifósforo (tres cubiertas de fósforo en el interior del tubo, lo que implica mayor habilidad para convertir la energía ultravioleta en luz visible, e incrementa el rendimiento de color de la lámpara), y el diámetro más reducido que la T12, lo cual permite mayor salida de lúmenes.

La lámpara T8 está diseñada para circuitos de inicio rápido o circuitos de inicio instantáneo, y, tiene un sistema de doble pin que permite el fácil reemplazo de otra lámpara convencional. Además la lámpara T8 consume menos wattiaje que la lámpara T12 que consume 40 watt (La lámpara de dos tubos más balasto consume 96 watts) y tiene menor salida de lúmenes.

4.3.2. POTENCIALES DE AHORRO DE ENERGIA (A)

Wattios T12 (G_1) = 96 watt

Wattios T8 (G_2) = 71 watt

Horas de consumo promedio = 10 H/Día \longrightarrow 3.650 H/Año

Ahorro de energía por bombillo cambiado (A_3) = $(G_1 - G_2) \times H/\text{Año}$
 $A_3 = 91,25 \text{ KwH/Año}$

4.3.3. POTENCIALES DE AHORRO ECONOMICOS (T)

Costo por KwH (Sector oficial) (X_{3A}) = $75 \times 1.2 = \$ 90/\text{KwH}$

“ (Sector comercial) (X_{3B}) = $93 \times 1.2 = \$ 111,6/\text{KwH}$

Ahorro de costos en consumo (Oficial) (B_{3A}) = $A_3 \times (X_{3A}) = \$8.212,5/\text{Año}$
 “ “ (Comercial) (B_{3B}) = $A_3 \times (X_{3B}) = \$10.183,5/\text{Año}$

4.3.4. COSTOS DE IMPLEMENTACION (W)

Costo de 2 tubos más balasto	=	\$ 22.114
" Instalación	=	0
" Diseño	=	0
" Financiación Anual (20%)	=	4.730
		Costo Total (W ₃) = \$ 26.844

4.3.5. RECUPERACION SIMPLE DE INVERSION (R)

Recuperación Simple de Inversión:

$$R_{3A} = W_3/B_{3A} = 3,26$$

$$R_{3B} = W_3/B_{3B} = 2,63$$

Puntos luminosos susceptibles de cambiar a nivel Comercial = 96

Puntos luminosos susceptibles de cambiar a nivel Oficial = 924

Total = 1020

Costo de implementación a nivel comercial = \$ 2'577.024

Costo de implementación a nivel Oficial = \$ 27'380.880

Costo Total = \$ 29'957.904

MAE - 4

4.4. DISEÑO Y COORDINACION DE PROYECTOS DE ARQUITECTURA SOLAR EFICIENTE

Es importante la concientización de las empresas diseñadoras y constructoras que operan en la ciudad de Villavicencio, de incluir en sus proyectos un manejo apropiado de la luz solar. Esta medida implica un menor uso de la energía eléctrica y se puede implementar, utilizando un mayor número de ventanas y partes del tejado en vidrio o fibras transparentes. Estas alternativas deben estar complementadas, con la ubicación correcta de las mismas, con respecto a la orientación de la luz solar; de esta manera se evitará el uso de bombillos en las horas del día, y también se evitará encenderlos desde horas tempranas de la tarde.

Si la luz del día puede ser efectivamente usada, puede ser considerada ya sea para reemplazar algunas de las luces eléctricas, las cuales puedan ser apagadas por algunas horas del día, o como una fuente suplementaria, ya que la luz eléctrica en el área inmediata puede ser reducida mediante sistemas de switches independientes y graduadores de intensidad de luz.

Si es posible, las ventanas y claraboyas (Fenestración) deben ser diseñadas para proveer máxima penetración de luz del día, sin lograr causar encandilamiento. La luz del día entrando desde más de un punto de la sala (preferiblemente de los dos lados de la sala) proporcionarán mejor uniformidad que desde un solo lado. Es recomendable que la altura de las ventanas sea igual al menos al 50% de la profundidad de la sala, y que el área total de vidrios sea al menos el 25% del área del piso. En edificios de baja altura se evalúa la reflectancia del material que cubre el terreno alrededor del edificio. Una superficie de mayor iluminación de la que existe actualmente, puede reflejar más luz útil en el interior, mejorando la contribución complementaria de la luz del día.

Es importante también en la construcción, sembrar plantas alrededor que puedan evitar el paso de la luz del día, evitar láminas oscuras en los vidrios o vidrios demasiado gruesos, coberturas reflectivas, y cualquier tipo de obstrucción al paso de luz. También se deben tener en un alto grado de limpieza todas las ventanas y vidrios que contribuyan a la iluminación solar.

Existe una variedad de arquitectura denominada "Bioclimática", y esta, representa un esfuerzo para acomodar los conceptos arquitectura y energía de una forma racional. Lo que se pretende en definitiva con las técnicas solares pasivas, en la consecución de edificios en los que, sin menoscabo de su calidad arquitectónica, el resultado final considere también aspectos

energéticos, de manera que se minimicen las necesidades de consumo de energía, sin disminuir el confort térmico de los usuarios.

4.4.1 Aspectos técnicos (Arquitectura bioclimática)

La arquitectura Bioclimática es aquella que optimiza sus relaciones energéticas con el entorno medioambiental, mediante su propio diseño arquitectónico. Esta arquitectura es recomendada, ya que su diseño presenta caracteres específicos para el clima de la ciudad de Villavicencio, y además representa gran viabilidad económica.

La arquitectura Bioclimática es aquella que aprovecha el sol de invierno y rechaza el de verano, que utiliza los beneficios de la ventilación para combatir la humedad y evacuar el aire caliente molesto, que emplea el aislamiento para reducir intercambios térmicos con el exterior y, especialmente, las pérdidas de calor en tiempo frío. En esta arquitectura las superficies acristaladas se orientan hacia el sol de invierno y en las horas de oscuridad se cierran con protecciones nocturnas especiales para reducir las pérdidas de calor.

En las otras orientaciones las fachadas y la misma forma del edificio se adecúan al frío y al viento de invierno. Paralelamente todo el edificio se hace pesado para amortiguar las oscilaciones de la temperatura interior y por último, se adapta a las características del entorno, relieve, vegetación, etc., procurando todo esto sin dejar de provechar la luz natural, de la protección al sol de verano y de la visión del paisaje.

En las regiones cálidas húmedas las temperaturas son relativamente moderadas, existen fuertes lluvias estacionales y la humedad es constantemente alta. Las variaciones día/noche y anuales son poco marcadas y la radiación es elevada, aunque más difusa que en las regiones secas. Por todo ello la arquitectura no precisa inercia térmica (capacidad de algunos materiales para mantener condiciones de temperatura relativamente constantes durante un tiempo determinado), aunque debe protegerse de la radiación solar y procurar la máxima ventilación con objeto de eliminar en lo posible la humedad.

En cuanto a su tipología, los edificios suelen ser estrechos y alargados, transversales al viento dominante y separados entre sí para no obstruir el paso del aire entre ellos. Las paredes prácticamente desaparecen y las grandes aberturas, protegidas de la radiación, favorecen la ventilación cruzada de los espacios interiores.

En la vivienda tradicional de estas zonas, la cubierta es un elemento de gran importancia. Se caracteriza por cumplir la función de sombrilla y de paraguas

y, en algunos casos llega a descomponerse en multitud de cubiertas sobrepuestas, que se protegen mutuamente de la radiación, a la vez que disipan por ventilación la energía absorbida.

4.4.1.1. Objetivos para la arquitectura

Primero que todo encontramos los **sistemas contra el calor** que son aquellos que procuran mantener las condiciones interiores de confortabilidad cuando las condiciones climáticas tengan exceso de radiación y/o de temperatura del aire. Para ello, las técnicas básicas son las de "Ventilación y tratamiento del aire" y la de "protección a la radiación".

Tanto unas como otras ofrecen una gran diversidad de soluciones, lo que hace difícil distinguir en cada sistema en concreto, subsistemas o elementos característicos. *Los sistemas de ventilación y tratamiento del aire*, precisan, en general, de un diseño conjunto que prevea la entrada y la salida del aire de ventilación en los locales, una posibilidad de fácil regulación de las aperturas y un control y corrección de las cualidades higortérmicas del mismo.

Por otro lado, *los sistemas de protección a la radiación* deberán proteger las partes del edificio más sensibles a la sobrecarga solar en verano, sea por su permeabilidad radiante (aberturas) o sea por su exposición a las radiaciones más intensas.

En general y sobretodo en los climas o situaciones cálido-húmedas, deberán permitir un buen paso del aire y en muchos casos la penetración de luz difusa y la visión hacia el exterior. dado que la geometría de estas protecciones es decisoria para definir su rendimiento en relación con la posición del sol, en muchas ocasiones conviene que sean regulables y/o móviles, para dotar de la necesaria flexibilidad de uso y, en todo caso, las soluciones deberán adaptarse a la latitud. Todo ello hace difícil una clasificación estricta, pero como se verá más adelante, se pueden establecer unos grupos de elementos diferentes, según sea su tipo de accionamiento y de comportamiento.

Por su parte, *los sistemas de iluminación natural* serán los destinados a favorecer la penetración de la radiación solar, directa o difusa, a efectos de obtener un alumbrado eficiente de los espacios interiores. Aunque el enfoque de estos sistemas pueda parecer similar al de los sistemas captadores de energía solar a efectos térmicos, en la práctica resulta muy distinto, aunque a veces puedan coincidir varias acciones en una misma zona del edificio.

en los sistemas de iluminación natural existe también una amplia variedad de soluciones, que complica cualquier análisis general del problema. A pesar de ello debe hacerse, como primera consideración en el problema del alumbrado, la distinción entre zonas periféricas y zonas interiores.

En las *Zonas periféricas* de los edificios, las posibilidades de iluminación natural son normalmente buenas. La posibilidad de abrir ventanas, lucernarios, claraboyas etc., en la piel del edificio, permite conseguir fácilmente la penetración de suficientes flujos luminosos para alcanzar de día niveles sobrados de iluminancia sobre las zonas interiores. Existe sin embargo un problema importante, que se presenta en especial en los casos de penetración horizontal de la luz (a través de las fachadas), que radica en la poca uniformidad de la iluminación en el interior y en los contrastes excesivos (deslumbramientos) que pueden generarse en el local iluminado. Este problema obligará a considerar como soluciones, en estas zonas periféricas, aquellos dispositivos, componentes o elementos, que tiendan a uniformar esta distribución lumínica.

En las *zonas interiores*, en cambio, el problema es mucho más radical. Se trata de la ausencia de luz natural, que obliga a menudo a utilizar de día el alumbrado artificial y que requeriría, en un buen concepto de diseño, la creación de diseños que llevaran la luz desde el exterior hasta estas zonas internas. La moderna tendencia hacia la construcción de edificios compactos de gran volumen ha dado más importancia a este problema, y gran parte de las preocupaciones de diseño de la arquitectura actual tienden a recuperar antiguas soluciones o a buscar otras nuevas, para introducir la luz natural en estas zonas de los edificios.

4.4.1.2. Sistemas de ventilación y tratamiento del aire

Son aquellos componentes o conjunto de componentes de un edificio que tienen como función principal facilitar la circulación del aire a través suyo y/o tratarlo para mejorar sus condiciones de temperatura y humedad. Actualmente en Villavicencio se encuentran equipos de aire acondicionado obsoletos que presentan mal funcionamiento y además, altos consumos de energía.

Los sistemas de aire pueden mezclarse entre sí, y se caracterizan por el caudal de aire que penetra (y sale) del edificio, ya que renuevan el aire interior y crean un movimiento de aire a través suyo que puede generar sensación de enfriamiento sobre los ocupantes, y por el cambio en las condiciones del aire impulsado, cuando son sistemas de tratamiento.

El caudal se mide en m^3 por hora y m^3 habitable, valor que se llama **renovación horaria (rh)**. Otro parámetro es la **velocidad** que se genera en el interior (v_i) y que se mide en m/s. En el caso de que exista tratamiento del aire, se medirá la energía ganada o perdida por hora, (potencia energética) de calor sensible, de donde habrá que deducir el cambio de humedad (calor latente) en las situaciones en que se produce enfriamiento evaporativo.

El conjunto de sistemas que se recomiendan, se agruparán en categorías según su función principal, distinguiendo así sistemas de tratamiento del mismo.

4.4.1.2.1. Sistemas generadores del movimiento del aire

Son los que generan movimiento de aire en el interior del edificio, favoreciendo la entrada y/o la salida por aberturas o dispositivos colocados a tal fin.

Algunos sistemas específicos son :

Ventilación cruzada.- Sistema de ventilación de un espacio o sucesión de espacios asociados, mediante aberturas situadas en dos fachadas opuestas. Este es un sistema aconsejado para zonas de clima cálido-húmedo como el de Villavicencio. Las aberturas han de situarse en fachadas que comuniquen con espacios exteriores de diferentes condiciones de radiación y/o de exposición al viento. lo más útil es, en cualquier caso, orientarlas en el sentido de un viento dominante de características favorables.

Valores típicos generados por una ventilación transversal son de 8 a 20 renovaciones hora (rh) con condiciones de viento débil.

Efecto Chimenea.- Es un sistema que genera una extracción de aire al situar aberturas en la parte superior de un espacio, que pueden estar conectadas con un conducto de extracción vertical. La diferencia de densidad del aire, en función de su temperatura, hace que el aire caliente tienda a salir por estas aberturas. para asegurar el buen funcionamiento, es necesario combinar estas aberturas con otras inferiores de entrada de aire.

La ventilación que se genera no es muy alta, con valores de rh de 4 a 6 volúmenes/hora. Este efecto es adecuado para evitar la estratificación del aire caliente en la parte alta del espacio considerado. Con temperatura alta del aire exterior no se produce una buena extracción.

Cámara o Chimenea solar.- Es un dispositivo que utiliza la energía de la

radiación solar para la extracción del aire. Su misión consiste en calentar el aire dentro de una cámara, mediante un captador de superficie oscura protegido por una cubierta de vidrio.

Al calentarse el aire y disminuir, por tanto su densidad, se produce un efecto de succión en las perforaciones situadas en la parte baja de la cámara, en contacto con el interior, y una salida del aire por la parte superior.

Las cámaras solares se orientan hacia la máxima intensidad de radiación solar. Según la latitud y el horario preferente de uso pueden tener doble orientación (E-O) o dirigirse hacia arriba.

Algunos sistemas captadores, como el muro trombe, pueden utilizarse en verano como generadores de ventilación, abriendo al exterior la parte superior de la cámara y al interior la inferior.

Estos dispositivos generan ventilación en los locales donde existen, con caudales pequeños de aire, 5-10 vol./hora de rh; valores fácilmente superables con ventilación cruzada si hay una brisa aprovechable.

Aspiración estática.- Son aquellos sistemas que producen una depresión en el interior del edificio, mediante la aspiración por efecto venturi, generada por el viento sobre un dispositivo adecuado, situado en la cubierta del edificio.

La extracción se debe completar con una entrada de aire por la parte inferior. Existe gran variedad de diseños de aspiradores, de diferentes tamaños y formas, que pueden utilizarse en climas templados y cálidos en zonas ventosas. Para vientos de cierta intensidad, es fácil generar valores de rh superiores a los 10 volúmenes/hora.

Torre de viento.- Sistema de introducción de aire en un edificio, a través de una torre que recoge el viento a cierta altura sobre la cubierta, donde éste es más intenso. El aire se lleva por un conducto que puede introducirlo por la parte baja de los locales e incluso incorporar dispositivos de tratamiento del aire, para mejorar su temperatura, humedad y limpieza. La ventilación generada no es muy grande y solo se aprovecha con vientos intensos, siendo sus valores típicos de 3 a 6 volúmenes/hora de rh.

4.4.1.2.2. Sistemas de tratamiento del aire

Son los que actúan sobre la temperatura y/o la humedad del aire, normalmente favoreciendo la evaporación de agua en una corriente de aire, que pasa sobre la superficie de un líquido, o dispersando agua en el aire a través de cualquier medio.

El buen funcionamiento de estos sistemas depende básicamente de la relación superficie de agua - volumen de aire que se trata. por esta razón es adecuado utilizar superficies húmedas de elementos constructivos, tierra y vegetación regadas, fuentes y trapos mojados, etc.

Torres evaporativas.- Consiste en un sistema de tratamiento que, además produce una cierta impulsión de aire hacia el interior. el aire que penetra por la parte superior de una torre es enfriado por evaporación del agua, que humedece las superficies del interior de la misma. este aire enfriado y más pesado, tiende a caer penetrando en el interior desde la parte baja de la torre.

El efecto de impulsión es muy reducido y solamente será útil si se combina con otros sistemas de extracción o se construye la torre como "torre de viento" para captar la entrada de aire. Es un sistema de tratamiento útil para espacios reducidos.

Patio.- Es una solución sencilla pero compleja. este sistema combina diferentes dispositivos y elementos para mejorar durante el tiempo cálido las condiciones ambientales de un espacio exterior acotado.

El patio consiste en un ambiente descubierto central rodeado por el edificio, donde existe un estanque o fuente que acondiciona el aire por evaporación. además, este patio puede estar protegido de la radiación por toldos o vegetación o puede servir para iluminar y ventilar zonas interiores del edificio.

Sistema de ventilación subterráneo.- es aquel mecanismo que aprovecha la inercia térmica del terreno para suministrar aire frío, en períodos cálidos, mediante un sistema de conductos de aire subterráneos, por donde pasa el aire exterior para ser enfriado antes de introducirse en el edificio. Como la transmisión de calor del aire a la tierra es muy lenta se necesita utilizar grandes longitudes de conductos para obtener un efecto apreciable. Como la transferencia de calor es limitada y también lo es la capacidad térmica de la tierra cercana a los conductos, el efecto refrigerador se reduce después de períodos de uso prolongado, por ello puede considerarse como un sistema especialmente apropiado para edificios de uso discontinuo.

4.4.1.3. Sistemas especiales lumínicos

Estos sistemas está constituidos por aquellos componentes o conjuntos de componentes de un edificio, que tienen como función principal mejorar su alumbrado natural, actuando sobre la iluminación del interior, optimizando la distribución sobre zonas periféricas y procurando la penetración hacia zonas interiores sin contacto directo con el exterior.

para analizar estos componentes de iluminación, diferenciamos los siguientes tipos: **Componentes de conducción**, que son los que llevan la luz natural hacia el interior del edificio y en muchos casos conectan entre sí los **Componentes de paso**, que son dispositivos diseñados para dejar pasar la luz de un ambiente luminoso a otro.

Con este análisis podemos establecer una gran variedad de combinaciones de estos componentes. Si se trata de una serie de componentes de paso, separados por otros de conducción que los conectan, podemos esquematizar lo que en un edificio es un sistema completo de iluminación natural, que es aquel que conduce la luz hasta zonas más o menos alejadas de la periferia.

Para especificar un determinado "Componente de paso", además que puede integrar una serie de **elementos de control**: dispositivos colocados para controlar y a la vez dejar pasar la luz en este componente.

4.4.1.3.1. Componentes de conducción

Son aquellos espacios diseñados para conducir y distribuir la luz natural al interior de un edificio desde un componente de paso a otro.

Para identificar sus características propias, se analizarán según su **factor de compacidad** (relación de la superficie envolvente de la esfera de igual volumen con la suya propia), su **esbeltez** (relación entre la dimensión del componente en el sentido de penetración de la luz y su anchura característica) y sus **propiedades ópticas** (tipo y coeficiente de la reflexión de sus cerramientos).

Estos componentes se clasifican en dos grandes grupos: Espacios de luz intermedios y espacios de luz interiores.

- *Espacios de luz intermedios*

Se caracterizan por ser aquellos componentes de conducción que forman parte de la zona perimetral de un edificio y que conducen y distribuyen la luz natural a los espacios interiores adosados.

Entre los espacios de luz intermedios pueden caracterizarse los siguientes:

- **Porches.**- Son aquellos espacios cubiertos, adosados a un edificio en planta baja y abiertos hacia el exterior.

Constituyen espacios ocupables intermedios, que iluminan las zonas interiores comunicadas con el porche mediante componentes de paso.

Asimismo, proporcionan un nivel de luz bajo y poco contrastado a las zonas interiores, y protegen por tanto de la radiación solar directa como de la lluvia. Sus dimensiones más utilizadas son: una planta (a veces dos) de altura y profundidad de 1 a 5 m. Los materiales típicos que utilizan son una estructura metálica o de madera, que soporta elementos continuos, o discontinuos formando una pérgola con elementos vegetales, etc.

- **Invernaderos.**- Son espacios adosados a un edificio por una de sus caras y con las restantes separadas del exterior por un cerramiento acristalado. Este puede ser practicable en ciertos puntos para ventilación.

Los invernaderos permiten la entrada casi total de la radiación solar directa y difusa a través del cerramiento hacia el espacio interior, si existen componentes de paso que lo comuniquen con el invernadero. A la vez se protege el interior térmicamente, así como del viento y la lluvia.

Como dimensiones típicas encontramos: una altura variable de uno a varios pisos y una anchura y longitud que como mínimo, permite su utilización como zona de estancia y, como máximo, no tiene límites. El material más usado para el cerramiento es un cristal transparente, soportado por una carpintería de madera o metálica.

• *Espacios de luz Interiores*

Son aquellos componentes de conducción que forman parte de la zona interna de un edificio, llevando la luz natural a espacios o zonas interiores alejadas de la periferia.

Entre los espacios de luz interiores figuran los siguientes:

- **Patios.**- Espacios rodeados por muros de cerramiento de uno o varios edificios y abiertos al exterior por la parte superior (En algunos casos puede abrirse horizontalmente). Los patios constituyen espacios con condiciones próximas las del exterior, que permiten una iluminación natural reducida, y ventilación a zonas interiores conectadas a aquellos por componentes de paso.

Sus dimensiones pueden ser muy variadas, normalmente con su altura superior a su anchura. Como materiales interesa considerar lumínicamente que sean acabados en colores claros, dado que incrementarán el aporte de luz los espacios conectados al patio.

- **Atrios.**- Son aquellos espacios en la zona interior del volumen de un edificio que está en contacto con el exterior a través de alguna de sus superficies

(normalmente por la parte superior), pero separados del mismo por un cerramiento acristalado.

Los atrios son zonas interiores que permiten un relativo acceso de la luz a espacios subsidiarios conectados a él por componentes de paso.

Su dimensiones habituales son: Altura que ocupa la altura total o casi total del edificio y superficie en planta muy variable, según el tamaño del mismo. Los materiales de los cerramientos serán transparentes o difusores, soportados normalmente por una estructura metálica y pueden tener elementos de control de la radiación solar para evitar sobrecalentamientos. Los acabados interiores deberán ser de colores claros.

- **Conductos de Iluminación (pozos de luz).**-Son aquellos espacios de luz no habitables con una dimensión predominante, diseñados para conducir la luz natural a zonas interiores del edificio.

Proporcionan luz difusa y ventilación a zonas internas que no estén muy alejadas de la periferia.

Sus dimensiones suelen ser reducidas: En sección varían de 0,5 x 0,5 m a 2 x 2 m y su longitud máxima no supera los 10 m. Los materiales de revestimiento son de color blanco y en su extremidad pueden estar cerrados al exterior por elementos de acristalamiento transparentes o translúcidos.

- **Conductos de sol.**- Son espacios de luz no habitables con una dimensión predominante, diseñados para conducir los rayos de sol a zonas interiores.

Proporcionan iluminación con rayos solares atenuados en zonas interiores alejadas de la periferia del edificio y pueden además ventilar dichas zonas.

Las dimensiones son : Sección entre 0,5 x 0,5 m y 1,2 x 1,2 m, aunque pueden utilizarse secciones rectangulares con una dimensión mucho mayor; Su longitud puede superar los 15 m. Los materiales de revestimiento interior son de alta reflexión especular (espejos, aluminio, etc.). en su extremidad captora de la radiación se requiere de un componente especial, diseñado geoméricamente para recoger la radiación directa del sol, que puede ser fijo o móvil.

4.4.1.3.2. componentes de paso

Son aquellos dispositivos o conjuntos de elementos que conectan lumínicamente dos ambientes distintos a través de un cerramiento que los separa.

Estos componentes tendrán, por un lado, sus propias "características geométricas", como el **tamaño**, relativo al cerramiento en el que se sitúan; La

situación, central o lateral, alta o baja, en dicho cerramiento y la **forma** geométrica que tienen. Por otro lado tendrán su "composición", según los **elementos** que incorporen para controlar las acciones lumínicas, visuales, del aire, etc., a través del componente de paso. Los componentes de paso se clasifican en tres grandes grupos: Laterales, cenitales y globales.

- *Componentes de paso laterales*

Son aquellos componentes de paso situados en cerramientos verticales, en la piel o en el interior del edificio, separando dos ambientes luminosos distintos y permitiendo la penetración natural de luz natural al ambiente que recibe ña luz desde el otro.

Entre los componentes de paso laterales son característicos los siguientes:

- **Ventanas.**- Aberturas situadas en una pared, con su límite inferior situado por encima del nivel del piso interior.

Estos componentes permiten la entrada lateral de la luz y de la radiación solar directa, la visión y la ventilación natural. Incrementan el nivel de luz del interior, especialmente en la zona junto a la ventana. sus dimensiones pueden variar desde pequeñas ventanas de $0,1 \text{ m}^2$, a grandes ventanas mayores de 6 m^2 de superficie. Normalmente su altura varía entre 1,2 m y 1,8 m y su anchura de 0,8 m a 2,5 m. La abertura en la pared está realizada en materiales constructivos (Ladrillo, Hormigón, etc.) y en la misma puede haber diversos elementos de control.

- **Balcones.**- Son aberturas en una pared, con su límite inferior a la altura del piso interior, permitiendo el paso a través suyo.

Permiten la penetración lateral de la luz y radiación solar directa, visión, paso, y ventilación natural. Incrementan el nivel de luz interior, especialmente junto al balcón.

Sus dimensiones varían de 1 a 3 m de anchura por 2 a 3 m de altura. son de materiales constructivos y pueden tener elementos de control.

- **Muros translúcidos.**- Son paredes construidas con materiales que dejan pasar la luz, ocupando parte de un cerramiento vertical.

Separan dos ambientes y permiten la penetración vertical de luz difusa, deteniendo la visión y la ventilación. Asimismo modifican la luz natural, creando un nivel uniforme en la zona cercana al muro translúcido.

Sus dimensiones son las del muro de cerramiento, con espesores de 5 a 30 cm. Los materiales normales son ladrillos de vidrio.

- **Muros-Cortina.**- Superficies continuas sin función estructural, transparentes o translúcidas, colocadas separando dos ambientes luminosos en posición vertical o cercana a la vertical.

Permiten la entrada tanto de luz natural y radiación solar directa como de la visión, normalmente no permiten la ventilación. Incrementan los niveles de luz en las zonas contiguas al muro-cortina.

Sus dimensiones son las de la pared que sustituyen y se construyen con superficies de vidrio o de plástico, de menos de 5 cm de grueso, soportadas por carpintería, por lo general metálica.

- *Componentes de paso cenitales*

Son aquellos componentes de paso de la cubierta o del interior de un edificio, situados en cerramientos horizontales, que separan dos ambientes luminosos distintos y generan la penetración cenital al ambiente receptor inferior.

los más característicos son los siguientes:

- **Lucernarios.**- Son elevaciones sobre el plano de la cubierta de un espacio, con aberturas verticales o inclinadas en uno o más laterales.

Permiten la penetración cenital de la luz y protegen o desvían la radiación solar directa hacia el espacio inferior. pueden además permitir la ventilación natural sin visión exterior e incrementan la iluminación natural del ambiente por luz normalmente difusa.

su elevación sobre la cubierta puede variar entre 0,8 a 3 m y su longitud coincide a menudo con la del espacio iluminado. Se construyen con los mismos materiales de la cubierta y las aberturas se cierran con superficies translúcidas o transparentes de vidrio o plástico y con carpintería normalmente metálica.

- **Cubierta monitor.**- Es un sector de la cubierta de un edificio, incluyendo la cumbrera, que se eleva dejando aberturas.

Este tipo de cubierta permite la penetración cenital de la luz natural hacia el ambiente inferior, incrementando su iluminación, y puede favorecer la ventilación con elementos practicables en las aberturas.

La elevación sobre la cubierta varía de 1 a 2,5 m y su longitud normal es la del espacio iluminado. Se construye con los mismos materiales de la cubierta. Las aberturas laterales se cierran con superficies translúcidas o transparentes con carpintería metálica.

- **Cubiertas en diente de sierra.**- Son un conjunto de planos de cubierta con cumbreras paralelas, que dejan entre ellas una serie de aberturas lineales, verticales o ligeramente inclinadas. Estas cubiertas permiten la entrada cenital de la luz, de forma difusa y uniforme, evitando contrastes en el espacio inferior, y pueden ventilar este espacio cuando están dotadas de elementos practicables.

La altura de las aberturas varía normalmente de 1 a 2,5 m y su longitud es la de la anchura del espacio iluminado. Se construye con los mismos materiales de la cubierta, y las aberturas se cierran con superficies separadoras translúcidas o transparentes.

- **Techos translúcidos.**- Son aquellos cerramientos horizontales, parcialmente contruidos con materiales translúcidos, separando dos espacios interiores sobrepuestos a uno de ellos respecto al exterior. Estos sistemas permiten la entrada de luz cenital difundida al espacio inferior por el material translúcido, generando un nivel homogéneo de luz en el mismo.

Sus dimensiones son normalmente una parte importante de la superficie del espacio iluminado y superiores como mínimo a 4 m². Estos techos se construyen con bloques de vidrio sustentados con una estructura metálica o de hormigón armado.

- **Claraboyas.**- Aberturas situadas entre la cubierta horizontal o inclinada de un espacio.

Permiten la iluminación cenital del espacio inferior en las zonas situadas bajo las claraboyas, Si son practicables permiten la ventilación. sus dimensiones son aproximadamente de 1 m², aunque en algunos casos tienen mayor superficie y gran variedad de formas. Los materiales del cerramiento son superficies transparentes o translúcidas, que cubren aberturas dejadas en la misma construcción de la cubierta.

- **Cúpulas.**- Cubiertas hemiesféricas que presentan perforaciones o están contruidas todas ellas con materiales translúcidos.

Permiten la iluminación cenital global del espacio inferior y cubren total o casi totalmente el área inferior, o son perforaciones en una cúpula opaca. Se construyen con materiales plásticos o vidriados sustentados por elementos metálicos.

- **Linternas.**- Son aberturas situadas en el punto más alto de una cúpula, protegidas con una pequeña cubierta elevada sobre la misma.

Permiten la entrada puntual de luz cenital sobre la zona central del espacio inferior y ventilan la parte alta del ambiente. Tienen dimensiones reducidas,

0,5 1,5 m de elevación y 0,5 a 2 m de diámetro. Se realizan con los materiales de la cubierta y a veces se cierran las aberturas con materiales translúcidos.

- *Componentes de paso globales*

Parte del cerramiento de un volumen edificado que, compuesto de una superficie de material transparente o translúcido, envuelve total o parcialmente el ambiente, permitiendo la entrada global de la luz natural en el mismo. Entre los componentes de paso globales, son característicos los siguientes:

- Membranas.- Son aquellas superficies translúcidas o transparentes que envuelven un ambiente interior vertical y horizontalmente de forma conjunta. Permiten una entrada general de luz, creando un alto nivel interior similar a las condiciones exteriores.

Las membranas son componentes de iluminación natural que pueden crear con frecuencia problemas de exceso de radiación en climas templados o cálidos. Por ello en estos climas es recomendable complementarlos con elementos de control que protejan de forma continua en toda su superficie.

Sus dimensiones superficiales con frecuencia superan a las del espacio envuelto por la membrana. Los materiales típicamente usados son plásticos (policarbonatos, acrílicos, o fibras de vidrio), soportados por una estructura de aluminio o acero.

4.5. MAE - 5 CAMBIO DE MOTORES DE BOMBAS POR MOTORES DE ALTA EFICIENCIA

4.5.1. Aspectos técnicos

Datos tomados por la consultoría, en las estaciones de bombeo de mayor consumo en el acueducto de villavicencio.

ESTACION GUATIQUIA

<u>Motores</u>	<u>Titan</u>	<u>General Electric</u>
Volt. Nominal	4160 VOLT.	4160
Volt. Operac.	4300 VOLT.	4300
Amper. Nom.	77 Amp.	77
Amper. Oper.	60 - 65	60 - 65
ID No.	69571 / Y06Y0900L42C-1	BSJ227025
Horse Power	600	600
Tipo	HU	
RPM	1187	1180
Modelo		5K6336XC278A
Fases		3

Bombas Layne Guld Pumps

Horse Power	600	600
Capacidad nominal	250 Lt/Seg	
Capacidad de operación	200 Lt/Seg	200 Lt/Seg
Serie		364409-1
Succion	1	1
Descarga	1	1
Columna	1	1
Etapas	4	3
size		240C
Cabeza columna de agua	123 m.	123 m.
Cabeza	220 Lb.	220 Lb.
Tazón	20"	22"
Impulsor	16"	18"
Pump No.	103329	

ESTACION PUENTE ABADIAMotoresTITANTITAN

Volt. Nominal	4160	4160
Volt. Operac.	4300	4300
Amper. Nom.	76	77
Amper. Oper.	40	40
ID No.	603038 / R12R1690174R-1	CL0180419 851867-191
Horse Power	600	600
Tipo	HU	HU
RPM	1175	1175
HZ	60	60

BOMBASFLOWAYLAYNE

No. Serie	16892-1-2
Horse power nominales	700 600
Horse power operacion	500 500
Capacidad nominal	300 Lit/Seg 250 Lt/Seg
Capacidad de operaci3n	200 Lit/Seg 200 Lt/Seg
Tipo	MKH
Succion	1 1
Descarga	1 1
Columna	1 1
Etapas	5 4
Cabeza columna de agua	95 m. 123 m.
Cabeza	150 Lb 220 Lb.
Taz3n	20"
Impulsor	16"
Pump No.	103328

Los motores de las bombas de las estaciones Guatiquía y Abadía del acueducto de villavicencio trabajan a una eficiencia promedio de (82%), lo cual genera un gran desperdicio de energía eléctrica, al consumir toda la energía de entrada, y no utilizarla completamente en la conversión a poder mecánico.

Debido a esto, es inminente la inclusión de nuevos motores que trabajen con una eficiencia del 95%, de tal forma que efectúen la operación de manera

óptima, e igualmente contribuyan al ahorro de energía de la empresa de acueducto de villavicencio.

Implementar motores de alta eficiencia implica la reducción de consumo de energía eléctrica, debido a la alta capacidad de conversión de energía eléctrica a mecánica de estos equipos, y los resultados serán fácilmente comprobados por las facturas de la energía; Para invertir en estos equipos se debe pensar en los grandes ahorros que representan a largo plazo, lo que hace completamente viable la factibilidad de la inversión inicial.

4.5.2. POTENCIALES DE AHORRO DE ENERGIA (A)

Consumo anual promedio (Guatiquía + Abadía) (K_1) = 7'089.985 Kwh/Año

Consumo anual estimado con motores nuevos (K_2) = 6'119.776 Kwh/Año

$$\begin{aligned} \text{Ahorro de energía } (A_5) &= K_1 - K_2 \\ A_5 &= 970.209 \text{ Kwh/Año} \end{aligned}$$

4.5.3. POTENCIALES DE AHORRO ECONOMICOS (T)

$$\begin{aligned} \text{Costo por Kwh } (X_5) &= 75 \times 1,2 = \$ 90/\text{Kwh} \\ \text{Ahorro anual de costos en consumo } (B_5) &= A_5 \times (X_5) \\ B_5 &= \$ 87'318.810/\text{Año} \end{aligned}$$

4.5.4. COSTOS DE IMPLEMENTACION (W)

Costo de 4 Motores de alta Eff.	=	\$ 220'000.000
" Instalación	=	10'000.000
" Diseño	=	5'000.000
" Financiación Anual (20%)	=	50'266.500
Costo Total (W_6)	=	\$ 285'266.500

4.5.5. RECUPERACION SIMPLE DE INVERSION (R)

$$\begin{aligned} \text{Recuperación Simple de Inversión } (R_5) &= W_5/B_5 \\ R_5 &= 3,26 \end{aligned}$$

4.6. MAE - 6 CORRECCION DE FACTORES DE POTENCIA

4.6.1. Aspectos técnicos

Para corregir los factores de potencia, hay que basarse fundamentalmente en el consumo de energía reactiva.

El factor de potencia como se explicó en secciones anteriores, es una relación entre la energía real consumida y la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de la energía real y la energía reactiva. El resultado nos proporciona un porcentaje de energía real usada y por lo tanto una idea de la energía desperdiciada (reactiva).

En la estación de el acueducto "La Llanura" en villavicencio este factor de potencia está por debajo de el valor óptimo, lo que implica la necesidad de aplicar medidas correctivas.

Esta corrección se efectúa por medio de condensadores que proporcionan tan solo la energía necesaria, para la efectiva operación de los motores contribuyendo de esta manera al ahorro de consumo.

4.6.2. POTENCIALES DE AHORRO DE ENERGIA (A)

Consumo anual reactiva actualmente (Z1) = 57360 kwr/Año

Consumo anual estimado reactiva con condensadores (Z2) = 47960 kwr/Año

Disminución de energía reactiva $A_6 = 9400$ kwr/Año

4.6.3. POTENCIALES DE AHORRO ECONOMICOS (T)

tarifa kwr para el acueducto = \$ 103,85 /Kwr

\$ 103,85/Kwr x 47960 Kwr/Año = \$ 4'980.646/Año

4.6.4. COSTOS DE IMPLEMENTACION (W)

Costo de Equipos	=	10'350.000
" Instalación	=	6'000.000
" Diseño	=	2'000.000
" Financiación Anual	=	3'600.000
Costo Total (W_6)	=	21'950.000

4.6.5. RECUPERACION SIMPLE DE INVERSION (R)

Recuperación Simple de Inversión (R_6) = W_6/T_6
 $R_6 = 4,40$

4.7. MAE - 7 CAMBIO GRADUAL DE TUBERIA

4.7.1. Aspectos técnicos

Las líneas de tubería de distribución del Acueducto que existen actualmente en la ciudad de Villavicencio no son las adecuadas para la capacidad de flujo de agua requeridas en la ciudad. No existen líneas primarias en ninguna parte del trayecto de esta tubería, lo cual requiere implantar las mismas, y consecuentemente reemplazar algunas de las cuales se encuentran en mal estado y otras que se adecúen al nuevo diseño.

4.7.2. POTENCIALES DE AHORRO DE ENERGIA (A) (Ver Anexo 01)

Tubería existente

100 pies, 200 Lit/seg (Guatiquía)
= 3170 GPM

Acero 6", Roughness = 0,00015
Caída Típica (H_1) = 65,53 pies - columna de agua

Tubería Nueva (PVC Reforzada)

Roughness = 0,00005
Caída Típica (H_2) = 53,67 pies - columna de agua

Ahorro de Energía

Diff. Caída de presión = $\frac{65,53 - 53,67}{65,53} \times 100 = 18,1\%$

Nuevo HP = $HP_1 (H_2/H_1)^{3/2}$
= $600 \times (53,67/65,53)^{3/2}$
= 444 HP \rightarrow (26%)

Ahorro de Energía Total = $7'089985 \times 0,26 = 1'843.396$ KWH
(Guatiquía + Abadía)

4.7.3. POTENCIALES DE AHORRO ECONOMICOS (T)

$$1'843.000 \times \$90/\text{KWH} = 165'905.649$$

4.7.4. COSTOS DE IMPLEMENTACION (W)

(Guatiquía + Abadía)

Materiales (Tubería y Accesorios)	= \$	205'000.000
Costo Instalación	=	129'000.000
“ Diseño e Interventoría	=	50'000.000
Costo Total (W ₇)	= \$	384'000.000

4.7.5. RECUPERACION SIMPLE DE INVERSION (R)

$$\text{Recuperación Simple de Inversión (R}_7) = W_7/T_7$$
$$R_7 = 2,31 \text{ Años}$$

4.8. MAE - 8

AJUSTADORES DE FRECUENCIA PARA MOTORES (CONDUCTOR DE VELOCIDAD VARIABLE)

4.8.1. Aspectos técnicos

Un conductor de velocidad variable es un aparato electrónico que varía la velocidad de un motor mediante el cambio de la frecuencia y la alimentación del voltaje al motor. Un motor AC corre a una velocidad proporcional a la frecuencia aplicada, como se describe en la siguiente fórmula :

$$\text{Velocidad del motor sincrónico} = \frac{120 \times \text{Frecuencia}}{\text{Número de impeler del motor}}$$

La velocidad depende de la frecuencia; por lo tanto un cambio en la frecuencia cambiará la velocidad del motor. El motor AC sin embargo, debe también tener una variación del voltaje en la misma proporción que la frecuencia, para mantener las características de torque completo a través del rango de velocidad. Por consiguiente un conductor de velocidad variable debe cambiar tanto la frecuencia como el voltaje de la alimentación del motor, para variar la velocidad mientras mantiene el torque para la carga requerida.

El objeto de variar la velocidad de los motores de las estaciones del acueducto de la ciudad de Villavicencio, radica, en que frecuentemente se está variando (disminuyendo) el flujo de agua bombeado y las RPM's no disminuyen, conservando una velocidad mayor de la realmente necesaria y por lo tanto desperdiciando gran cantidad de energía. Debido al diseño de los motores, cualquier reducción en las RPM's a las cuales operan las bombas, causa una reducción cúbica en los caballos de fuerza que el motor requiere, esto es representado en la siguiente ecuación:

$$\frac{(\text{RPM}_2)^3}{(\text{RPM}_1)^3} = \frac{(\text{HP}_2)}{(\text{HP}_1)}$$

Esto significa que un 10% de reducción en las RPM de las bombas resultan en un 27% de reducción en los caballos de fuerza requeridos. Por consiguiente un medio por el cual la velocidad o RPM's de la bomba pueda ser reducido, produciría significantes ahorros de energía.

Ver análisis anexo 02.

4.8.2. POTENCIALES DE AHORRO DE ENERGIA (A)

Ahorro de Energía = 2'709.374 KWH/Año
Ver Cálculos en análisis página siguiente.

4.8.3. POTENCIALES DE AHORRO ECONOMICOS (T)

Ahorros Económicos = \$ 243'844.000

4.8.4. COSTOS DE IMPLEMENTACION (W)

Costo de 1 Motor	= \$ 320'000.000
" Instalación	= 130'000.000
" Diseño	= 65'000.000
" Financiación Anual	= 60'000.000
Costo Total (W_8)	= \$ 575'000.000

\$ 575'000.000 x 4 motores = \$ 2300'000.000

4.8.5. RECUPERACION SIMPLE DE INVERSION (R)

Recuperación Simple de Inversión (R_8) = W_8/T_8
 $R_8 = 2,4$ Años por cada motor.

4.9 MAE - 9

CAMBIO DE EQUIPOS ACTUALES POR EQUIPOS DE REFRIGERACION EFICIENTES

4.9.1. Aspectos técnicos (SISTEMAS DE ABSORCION)

Actualmente en la ciudad de Villavicencio, se utilizan equipos de refrigeración obsoletos, que presentan malfuncionamiento, y además generan altos consumos de energía de energía eléctrica. Por lo tanto se encontró indispensable recomendar la implementación de sistemas con avanzada tecnología, que además de ser eficientes, funcionan por medio de gas, obviando así los altos consumos que los antiguos equipos representan. Para la ciudad de Villavicencio se recomiendan los equipos de Absorción que además de presentar características óptimas, producen un alto grado de confiabilidad. El enfriador de agua por absorción no es muy diferente en la operación, del enfriador más familiar que es el de agua de compresión mecánica. Ambas máquinas aceptan calor para evaporar un refrigerante a baja presión en el evaporador, y de tal modo crear un efecto de enfriamiento. Ambos también condensan el refrigerante vaporoso a una presión y temperatura más altas en el condensador, con el fin de que el refrigerante pueda ser usado en el ciclo.

En ambos casos la capacidad de la máquina depende de la presión que exista en el evaporador ya que esta determina la temperatura del evaporador. En sistemas de compresión mecánica el vapor formado cuando el líquido refrigerante absorbe calor para proveer el efecto refrigerante, es conducido a un área de presión más baja creada por el movimiento mecánico de los pistones. En una máquina de absorción este vapor es también removido a un área de presión más baja. Sin embargo el área de baja presión en la máquina de absorción es creada mediante el control de temperatura y la concentración de una solución de agua-Bromuro de litio.

En un sistema de compresión, el vapor refrigerante es mecánicamente comprimido y movido desde el lado de baja presión al de alta presión del sistema. En un sistema de absorción el vapor es primero condensado y mezclado en una solución de Bromuro de Litio. Esta solución es luego bombeada a un área de más alta presión y se le aplica calor. El calor causa que la solución hierva, conduciendo el vapor refrigerante a la presión más alta.

Es por lo tanto evidente que exactamente la misma función, la de tomar vapor refrigerante de baja presión del evaporador y liberar el vapor refrigerante a alta presión al condensador, ha sido ejecutada en ambos ciclos, el de

compresión y el de absorción. La única diferencia aquí ha estados en el método de transporte del vapor del lado de baja presión al de alta presión.

El ciclo de absorción opera bajo el principio de que se requiere calor para evaporar agua. Cuando la evaporación es causada por un medio externo y no por la adición de calor al agua, la temperatura del agua será disminuida. El medio externo es proporcionado por la sal de Bromuro de litio (LiBr). El Bromuro de Litio absorbe vapor de agua, continuando o incrementando la evaporación del agua, enfriando de tal modo el agua en el reservorio. La remoción de calor máxima por libra de refrigerante es obtenida una vez más por el cambio de estado de líquido a gas.

4.9.2. Desventajas

Hay dos desventajas en el ciclo de absorción comparado con el ciclo de compresión. La primera es el resultado de las limitaciones de temperatura

usando agua como una parte de cualquier ciclo refrigerante. Debido a que el agua se congela a 32°F, la temperatura baja mínima de este adaptamiento debe ser algo más alta; y ya que el balance de solución de agua y sal es crñiotico, no es posible aproximarse al límite de 32°F demasiado cerca.

La segunda mayor desventaja del equipo de absorción se origina en el balance crítico de las concentraciones de solución en el ciclo, bajo algunas circunstancias el Bromuro de Litio puede llegar a estar sufientemente concentrado para solidificarse, lo cual lo hace perjudicialmente en la tubería y otras partes, convirtiendo la limpieza de la tubería en un proceso caro y tedioso. El calor debe ser cuidadosamente aplicado localmente para causar que la sal fluya.

4.9.3. Ventajas

La principal ventaja del uso del ciclo de absorción es la habilidad para usar de otra manera el vapor desperdiciado, para proveer aire acondicionado. Vapor gastado, vapor salido de etapas de turbina intermedia, y condensado desperdiciado, de los sistemas de vapor central suministrado, son algunos ejemplos. Hay otra ventaja en el uso de la absorción en cualquier momento cuando la temperatura es relativamente alta, hay calor disponible el cual de otra manera sería desperdiciado.

4.9.4. EQUIPO DE ABSORCION Y OPERACION

El diagrama de flujo muestra como el efecto de refrigeración y como las soluciones refrigerante y absorbente se mueven através del ciclo.

4.9.4.1. EVAPORADOR

El retorno de agua enfriada de un sistema de aire acondicionado alrededor de 55°F es enfriada a 45°F en el evaporador, y es luego bombeado a las unidades de aire acondicionado donde este recoge el calor del espacio acondicionado. El líquido refrigerante en el fondo del evaporador fluye por gravedad en un "SUMP" montado sobre el lado del armazón. La bomba del evaporador toma refrigerante (Agua) de este "SUMP" y lo libera para esparcir árboles en el evaporador. El esparcido produce una mayor tasa de transferencia de calor entre el agua de los tubos y el refrigerante por fuera de los tubos, que los tubos simplemente inmersos en el refrigerante.

Esta alta tasa de transferencia de calor es deseable, ya que el propósito del evaporador es remover calor del agua usada para aire acondicionado y de tal modo ebullición el refrigerante. El refrigerante (agua) ebulle a baja temperatura (40°F) debido a que el evaporador está bajo un vacío.

4.9.4.2. ABSORBEDOR

El vapor refrigerante producido en el evaporador, fluye al absorbedor debido a que la presión es más baja en esta área. Esta baja presión existe debido a que la solución absorbente concentrada (Bromuro de Litio) ejerce una gran fuerza de atracción sobre las moléculas del vapor refrigerante (Agua). Las moléculas de vapor refrigerante se condensan en un líquido a medida que van haciendo contacto con las moléculas de la solución absorbente.

La solución absorbente es esparcida dentro del absorbedor para exponer la mayor área de la solución a las moléculas del vapor refrigerante y así acelerar el proceso de condensación. En el absorbedor, tres cantidades de calor son liberadas: el calor de condensación del condensado de vapor en el absorbente; el calor de dilución ya que el vapor vá dentro de la solución con el absorbente; y el calor sensible. Con el fin de remover este calor y mantener una temperatura constante en el absorbedor, la solución absorbente cae sobre un serpentín de enfriamiento siendo después esparcido dentro del absorbedor. Agua fría es suministrada para que este serpentín remueva las tres cantidades de calor de el absorbedor. Si este calor no fuese removido, la temperatura y la presión en el absorbedor se elevaría y el flujo del evaporador se detendría.

Después de caer sobre el serpentín de enfriamiento, la solución de refrigerante y absorbente cae en el fondo del armazón del absorbedor.

Gases no condensables pueden estar presentes en el sistema de refrigeración. Estos gases deben ser removidos para permitir la operación continua de la máquina. La superficie de la solución en el fondo del absorbedor es relativamente calmada y los gases no condensables tienden a depositarse en este punto. Estos gases son luego removidos por una bomba de "vacío" de gran capacidad, o suministrando un absorbedor auxiliar y una bomba de "vacío" más pequeña. La purga de estos gases es supremamente importante para el éxito de la operación de la máquina de refrigeración por absorción, sin tener en cuenta el diseño del armazón. Sin una purga apropiada la presión en el absorbedor se incrementará a un punto en que el flujo del vapor refrigerante del evaporador se detendrá.

4.9.4.3. CONCENTRADOR

Una bomba concentradora toma continuamente parte de la solución y la entrega através de una comunicación de la cámara del intercambiador de calor-flash al concentrador. Aquí el serpentín de vapor suministra calor para ebullición del refrigerante de la solución dejando el absorbente concentrado en el fondo del concentrador. La salida ebullente del refrigerante de la solución mientras el absorbente permanece en el concentrador es posible debido a

que el refrigerante y el absorbente son cuidadosamente seleccionados, teniendo en cuenta que el refrigerante tenga una temperatura de ebullición más baja que el absorbente. El concentrador nunca está a la temperatura suficiente para que el absorbedor ebulle. A medida que el vapor refrigerante ebulle de la solución, el absorbente dejado en el fondo de la unidad tiene un mayor porcentaje de absorbente que el del refrigerante. La solución está lista para ser concentrada; de aquí el nombre de concentrador para este componente de la máquina.

Agua caliente puede también ser usada en el concentrador como una fuente calor para el ciclo.

4.9.4.4. CONDENSADOR

El refrigerante (Vapor de agua), ebullición de la solución en el concentrador, fluye subiendo al condensador. Aquí entra en contacto con la superficie del tubo serpentín llenado con agua del condensador. La tubería del condensador debe contener un bypass para ciertos controles. Esto permitirá ajustar la tasa de flujo de agua através del condensador para dar una óptima temperatura de condensado para hacer la operación eficiente. El vapor refrigerante se condensa y cae al fondo del condensador, desde el cual fluye al evaporador através de un orificio regulador. Esto completa el ciclo de operación.

4.9.4.5. INTERCAMBIADOR DE CALOR

La eficiencia del ciclo es substancialmente mejorada mediante el uso de un intercambiador de calor externo al armazón. Es notable que el concentrador para una cierta condición de operación tiene una temperatura de 210 °F mientras que la temperatura del absorbedor está alrededor de 105 °F. El intercambiador de calor es usado para transmitir calor desde la solución caliente que sale desde el concentrador a la solución de más baja temperatura que vá hacia el concentrador.

Aquí una pequeña parte del agua en la solución concentrada se "flashea" o se evapora, debido a la baja presión. El "flashing" enfría la solución remanente. El vapor flash luego se mueve dentro del absorbedor mientras la solución remanente fluye para mezclarse con la solución que es bombeada la árbol de esparcimiento del absorbedor. El intercambiador de calor produce ganancia doble: bajo consumo para la misma cantidad de refrigerante evaporado del concentrador; y menos calor para ser removido del absorbedor, por el agua de enfriamiento.

4.9.4.6. CONTROLES

Un sistema de control particular es simple y completamente confiable. Este consiste de un elemento de control que percibe la temperatura del agua enfriada que sale del evaporador, y, si está por debajo de la temperatura fijada, regula la cantidad de vapor suministrado al concentrador. Por consiguiente la solución que fluye del concentrador al absorbedor contendrá menos absorbente. La solución esparcida sobre los tubos en el absorbedor estaría menos concentrada y la habilidad para absorber vapor refrigerante sería reducida. De esta manera menos efecto de enfriamiento sería producido en el evaporador.

4.9.5. APLICACIONES

No hay partes reciprocantes en la máquina de absorción; de hecho las únicas partes que se mueven son las bombas de la solución y una bomba de vacío. Así la máquina no es vibratoria y opera silenciosamente. La máquina de absorción es de peso liviano y tiene un bajo factor de carga en el piso. Esto combinado con su operación silenciosa hace la máquina de absorción ideal para hospitales, hoteles, edificios de apartamentos y de oficinas. Este puede ser colocado en sótanos, pisos intermedios, y en las azoteas de tales edificios.

En una planta que genera vapor para energía eléctrica, u otra que tenga vapor disponible, requerimientos de aire acondicionado de 1000 ton. o más,

pueden ser suministrados económicamente mediante la combinación del equipo de absorción con el equipo de refrigeración centrífuga.

Agua para aire acondicionado es bombeada a través de los equipos de centrífuga y absorción en serie. Condiciones de diseño común existen para enfriar el agua desde 60°F a 47°F en la máquina de absorción y de 47°F a 40°F al pasar a través del equipo de centrífuga. El compresor centrífugo normalmente es conducido por una turbina de vapor usando vapor extraído a 125 psig de una unidad turbogeneradora. El vapor de la turbina conducido por el compresor centrífugo es eliminado a 12 psig y utilizado por la máquina de absorción.

Con una combinación del equipo de centrífuga y de refrigeración por absorción se obtendrá un costo de operación más bajo que usando cada uno singularmente, ya que se empalma la carga total.

4.9.6. UNIDADES DE CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO POR ABSORCIÓN

Las unidades de enfriamiento por absorción combinadas con una sección de calentadores de llama con un combustible fósil (usualmente gas natural) requieren mucho menos espacio que los sistemas duales que usan enfriadores centrífugos y ebulliciones de agua caliente. Este sistema de absorción también puede ser controlado para operar eficientemente a cualquier carga entre 0 y 100 por ciento.

Como ambos suministran agua caliente y agua fría al mismo tiempo son ideales para edificios que requieren enfriamiento para las zonas internas y calentamiento para el perímetro del edificio. Sistemas de calentamiento terminal también pueden ser usados eficientemente en áreas donde el control de humedad es un problema.

Las unidades de calentadores y enfriadores por absorción están diseñadas para suministrar capacidades desde 10 ton a 1150 ton. en una sola unidad. La temperatura de salida de agua enfriada es de 44°F a una tasa de flujo de 2.4 gpm por tonelada; y la temperatura de salida del agua caliente varía desde 140°F a 175°F (dependiendo del tamaño de la unidad) a una tasa de flujo de 4.4 gpm por ton.

A continuación se hará un análisis energético y económico sobre la utilización de el sistema de absorción en el "Hotel Del Llano" de la ciudad de Villavicencio. Este análisis es de tipo comparativo, con respecto al sistema actual de acondicionamiento de aire. Los resultados arrojados por este análisis, ratifican la efectividad del sistema de absorción en cuanto a ahorro

de energía se refiere, incluyendo también los bajos costos y alta eficiencia en la operación del mismo. Ver cálculos en el Análisis, Anexo 03.

4.9.7. POTENCIALES DE AHORRO DE ENERGIA (A)

Rendimiento de energía Alternativa 1 = 131.654 BTU/(pie²-Año)

Rendimiento de energía Alternativa 2 = 175.174 BTU/(pie²-Año)

Lo que indica un mayor rendimiento de energía en los equipos de absorción.

4.9.8. POTENCIALES DE AHORRO ECONOMICOS (T)

Ahorros Económicos = \$ 420'483.130/Año

4.9.9. COSTOS DE IMPLEMENTACION (W)

Costo Total Equipo instalado (W_9)= 338'000.000

4.9.10. RECUPERACION SIMPLE DE INVERSION (R)

Recuperación Simple de Inversión (R_9) = W_9/T_9

R_9 = 0,8 Años

4.10. MAE - 10

CAMBIO DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO ELECTRICO POR EQUIPOS DE GAS NATURAL

4.10.1. ASPECTOS TECNICOS

Actualmente los equipos utilizados para acondicionamiento de aire en la ciudad de villavicencio, funcionan por medio de energía eléctrica, generando grandes consumos y elevados costos; por lo tanto es inminente la utilización de equipos actuales de alta tecnología que además de reducir los problemas anteriores, garantizan una alta confiabilidad en su operación. Para este fin, se propone la implementación de Equipos de bombas de calor accionadas por gas. Este sistema de absorción inicia el equivalente de compresión refrigerante, mediante la absorción del refrigerante en una solución líquida a bajas temperaturas. La solución es luego bombeada a un ebullidor, donde el refrigerante es evaporado de la solución líquida mediante la aplicación de gas caliente. Dos conceptos de este sistema de absorción avanzado están bajo consideración: un sistema generador de doble efecto y un sistema de efecto sencillo con un intercambiador de calor generador/absorvedor. En un sistema de doble efecto, el refrigerante es producido en un generador de alta presión y el calor latente es luego usado para producir refrigerante adicional en un generador de baja presión. En el sistema de absorción de efecto sencillo avanzado el calor es generado en un recipiente de absorción y parte de ese calor es usado para precalentar y destilar refrigerante en un generador.

4.10.2. POTENCIALES DE AHORRO DE ENERGIA (A)

Equipo convencional

$$\text{EER} = 7, \frac{7000 \text{ BTU Refrig}}{1000 \text{ BTU Electricidad}}$$

$$\begin{aligned} \text{consumo anual} &= 13\ 574 \text{ KWH} \\ &= 7\ 918 \text{ TR} \end{aligned}$$

Equipo Gas natural

$$\begin{aligned} \text{EER} &= 1,18 \\ &= \frac{1180 \text{ BTU Refrig.}}{1000 \text{ BTU gas natural}} \end{aligned}$$

$$7918 \text{ TR} = 95'021.974 \text{ BTU Refrig.}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Therms (100.000 BTU)} &= \frac{95'021.974}{1180} \times \frac{1 \text{ Therm}}{100.000 \text{ BTU}} \\ \text{Gas natural} & \\ &= 805 \text{ Therm} \\ &= 80'508.475 \text{ BTU Gas natural} \end{aligned}$$

4.10.3. POTENCIALES DE AHORRO ECONOMICOS (T)

Equipo existente \$ 1'511.826
 Equipo gas Natural 805 x 210,66 = \$ 169638
 Ahorros financieros \$ 1'342.187

4.10.4. COSTOS DE IMPLEMENTACION (W)

Costo de Equipos = \$ 6'000.000
 " Instalación = 2'000.000
 " Diseño = 500.000
 " Financiación Anual = 500.000

Costo Total (W_{10}) = \$ 9'000.000 menos el costo del equipo convencional = 6'000.000

4.10.5. RECUPERACION SIMPLE DE INVERSION (R)

Recuperación Simple de Inversión (R_{10}) = W_{10}/T_{10}
 $R_{10} = 4.47$ años

4.11. MAE - 11

CONVERSIÓN DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO CONVENCIONAL POR UNO ACOPLADO POR TIERRA

4.11.1. Aspectos técnicos

Los sistemas de aire acondicionado que operan hoy en día en la ciudad de Villavicencio, son equipos de baja confiabilidad y generan un alto grado de consumo de energía eléctrica. Por esta razón se deben implementar equipos que obvien este consumo y cumplan con su función de manera adecuada. a continuación se sugiere un sistema que está revolucionando este servicio y que presenta condiciones de acondicionamiento de aire óptimas. En el acondicionamiento de aire en general y más específicamente los equipos de bomba de calor, operan por medio de una fuente de energía. En el modo "Cooling" el equipo de aire acondicionado tan solo bombea el calor indeseado de un área a ser acondicionada, a otra área donde no es objetable.

Para sistemas de acondicionamiento de aire, se han utilizado como fuente de energía, en algunos sectores de los Estados Unidos, el agua de pozos, debido a las características de temperatura que esta presenta. Sin embargo esta fuente no está disponible fácilmente, y en algunas partes no es económicamente viable..

Otra fuente de energía estable, y más fácilmente disponible es la Tierra. La estabilidad relativa de la temperatura subterránea es utilizada por el "Sistema cerrado Acoplado por Tierra". Este sistema ofrece eficiencias de calentamiento y enfriamiento comparables al sistema de fuente de agua.

El sistema consiste en una serie de tuberías o tubos insertados en la tierra, en cualquiera de varias configuraciones existentes, de suficiente cantidad para constituir un intercambiador de calor subterráneo. El líquido es circulado a través del intercambiador de calor subterráneo por las series de BAJA TEMPERATURA ESPECIAL FHP de bombas de calor para absorber el mismo durante el ciclo de calentamiento.

Durante el modo de enfriamiento, ocurre lo contrario, el líquido circulante refresca el refrigerante de la bomba de calor y descarga el calor en la tierra mediante el intercambiador de calor subterráneo.

Investigaciones a nivel mundial han confirmado el efectivo y económico resultado del sistema acoplado de tierra.

4.11.2. DISEÑO DEL SISTEMA

Comercial o Residencial: El primer paso es desarrollar un plan para proponer el sitio de instalación. Este plan llegará a ser parte permanente de la estructura actual. Para asegurar la exactitud del plan, se debe consultar con las empresas públicas con respecto a la ubicación de líneas de tuberías ya existentes. Obviamente la instalación de este sistema involucra nuevas construcciones para que el desarrollo de este plan se simplifique.

EL PLAN DEBE INCLUIR:

- Localización de la construcción.

- Localización de líneas existentes: Líneas eléctricas subterráneas, tuberías de suministro de agua, localización de sistemas sépticos y alcantarillados.
- También localizar calzadas, andenes, postes árboles y cualquier otro obstáculo considerable para la instalación del intercambiador de calor subterráneo.

El paso dos consiste en el cálculo exacto de la ganancia y pérdida de calor para la construcción o espacio a ser acondicionado. La ganancia de calor (Cooling) dirá la cantidad exacta de aire acondicionado requerido para veranos extremos. La pérdida de calor (Heating) dará la cantidad total de calor requerido para inviernos extremos. Los resultados de los cálculos serán dados en BTUH (Unidad térmica Británica por Hora), 12000 BTUH igual a 1 Tonelada.

La exactitud de estos cálculos es muy importante, por lo tanto los resultados de los cálculos de la ganancia y pérdida de calor deben ser cuidadosamente estudiados. Estos cálculos frecuentemente pueden revelar áreas para posibles mejoramientos para reducir las cargas totales. Como por ejemplo demasiadas ventanas expuestas al suroeste pueden ser tratadas o tinturadas, pisos no aislados sobre un crawlspace Etc. Una vez las cargas para calentamiento y para enfriamiento han sido averiguadas, es tiempo para la selección del Equipo FHP apropiado.

Para el sistema acoplado por tierra de lazo cerrado tiene una serie especial de equipos de BAJA TEMPERATURA disponible en muchas configuraciones. Se puede seleccionar la unidad de paquete vertical, una unidad de paquete horizontal o un sistema dividido que permite localizar la unidad de condensado en un área separada (p.e. Garaje) del manejador de aire. También se dispone de un tipo de contador de flujo de unidad, que dirige el flujo del aire, afuera del fondo de la unidad. También se pueden conseguir configuraciones en etapas simples o series de líneas gemelas en equipos de dos etapas.

4.11.3. EL INTERCAMBIADOR DE CALOR

Hay dos configuraciones básicas que son las más populares y son el sistema vertical que es insertado en huecos perforados verticalmente o el sistema horizontal que es enterrado en zanjas horizontales. Ambas configuraciones tienen funcionamientos similares; Las consideraciones de selección son los costos de instalación y la disponibilidad del área necesaria.

Para determinar el espacio requerido para una instalación particular se debe contar con la siguiente información:

1. La ganancia y pérdida de calor totales
2. La ubicación geográfica (Temperatura de la tierra)
3. El tipo de suelo: Pesado (Lodo o Arcilla) o Liviano (suelo franco o arena)
4. Contenido de humedad del suelo : seco, semihúmedo, húmedo o saturado.

Después de obtener esta información se podrá saber el espacio requerido y la cantidad y tamaño de tubería que se necesita para instalar el sistema, ya sea horizontal o vertical.

4.11.3.1. MATERIALES DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR

Tecnología de tubería subterránea avanzada ha sido desarrollada basándose en las industrias de distribución de agua municipal y gas natural y está disponible para la aplicación del intercambiador de calor. Tubería hecha de polibutileno o de polietileno de alta densidad está disponible y garantizada por un mínimo de vida de 50 años. Por seguridad, todas las juntas de tubería subterránea deben ser térmicamente fundidas en vez de ser mecánicamente acopladas. Hay dos tipos de técnicas de fusión, la fusión de topes y la fusión en molde. En la fusión de topes, se calientan los topes de los tubos se unen y quedan fundidos en una sola pieza. En la fusión de molde, el extremo de la tubería es insertado en un zócalo precalentado y es inmediatamente fundido. Normalmente el polietileno es fundido por cualquiera de los dos sistemas, y el polibutileno es fundido por molde.

4.11.4. ENLACE DE TIERRA VERTICAL

La perforación es requerida para instalar enlaces verticales. Dos de los métodos más aplicables son rotación húmeda, y barrenador con vástago hueco.

En la perforación con rotaria húmeda se debe contar con ciertos materiales (p.e. revestimiento de acero, lodo etc.) en las mejores condiciones, para

mantener el hueco abierto lo suficientemente profundo para insertar las tuberías. Para el sistema con barrenador con vástago hueco, la broca hueca actúa como un revestimiento y por lo tanto la tubería debe ser insertada antes de sacar la broca. Sin embargo este último sistema es limitado por la poca profundidad que puede lograr.

Un enlace consistente de dos piezas y una curvatura en forma de "U" en el fondo, es hecha para el hueco.

Las pruebas de presión del enlace de tierra antes de la inserción y el llenado son esenciales. Accesorios especiales con válvulas de presión y válvulas de aire son disponibles para hacer las pruebas de presión de aire convenientes. Se debe tener cuidado para contrarrestar el efecto de boyancia de la tubería, llenando el hueco de agua antes de la inserción.

Para huecos profundos un medidor de peso adicional conectado al final de la tubería, debe ser requerido.

El completamiento del enlace de tierra requiere manejo de los enlaces (Manifold o múltiple) verticales juntos y la instalación de la entrada a la casa a través de los cimientos. El manifold une cada uno de los enlaces de tierra a la entrada y salida de la bomba de calor. Siguiendo a la medición de las dimensiones del manifold requeridas, el manifold puede ser ensamblado. En esta etapa la entrada a la casa puede ser cavada y las conexiones del manifold pueden ser hechas en cada hueco. Rocas angulares deben ser removidas del fondo de la zanja antes de que el manifold sea colocado. Cada enlace es fundido al manifold y el manifold es luego instalado a través de la pared del cimiento, la cual es subsecuentemente resellada e impermeabilizada. El enlace entero es luego probado a presión y la zanja llenada, los 12 primeros pies con la mano. Finalmente la superficie debe quedar compacta.

4.11.5. ENLACE DE TIERRA HORIZONTAL

Un zanjeamiento es requerido para instalar las líneas horizontales. Las zanjas pueden ser hechas por un excavador o un arador vibratorio para líneas poco profundas. Las condiciones del suelo determinan que tipo de equipo es más práctico. En muchas ocasiones un excavador es necesario, sin embargo las máquinas disruptivas menos rápidas también pueden tener sus áreas de aplicabilidad. Primero el servicio de excavación es localizado, luego la localización de la línea deseada y la conexión de la entrada a la casa es determinada. A medida que va procediendo la excavación, las rocas del fondo de la zanja son removidas y la tubería es tendida. Luego se inserta la tubería en la pared del cimiento, la cual es luego resellada e impermeabilizada. Cuando todo el sistema ha sido montado se debe probar a presión. Al igual que el enlace vertical, los primeros 12 pies deben ser

rellenados a mano, evitando la presencia de rocas. Finalmente se rellena y se compacta firmemente.

Además de decidir cual configuración de diseño es más apropiada para su propiedad, también se deben considerar las características de diseño de temperatura.

Rango de Operación: A medida que la bomba de calor opera en el ciclo de calentamiento, absorbiendo calor de la tierra, la tierra circundante y el fluido dentro del intercambiador de calor, caerá lentamente en temperatura.

Lo mismo se aplica para el ciclo de enfriamiento, a medida que la bomba de calor rechaza el calor, lo absorbe del espacio a ser acondicionado y el fluido contenido en el intercambiador de calor y la tierra circundante, elevarán lentamente su temperatura.

4.11.6. EVALUACION DE COMPUTACION

El factor de demanda es usado para satisfacer la carga de calentamiento. Una vez la longitud horizontal de 520 pies lineales ha sido instalada o la profundidad del hueco vertical de 165 pies (330 pies lineales) ha sido instalado; por diseño, la temperatura del líquido que se circula desde la bomba de calor y a través del intercambiador de calor, por un período limitado de tiempo, puede alcanzar la baja temperatura de 35°F. Sin embargo ya que el intercambiador de calor está instalado para satisfacer la carga de calentamiento, se tiene más de la distancia requerida y el tamaño de la tubería para la carga de enfriamiento.

El diseño del rango de operación puede ser extendido a 25°F para calentamiento y un máximo de 110°F para enfriamiento. Este rango extendido disminuirá la cantidad de tubería requerida para el intercambiador de calor. Esto también disminuirá las eficiencias de operación del sistema.

4.11.7. LOCALIZACION APROPIADA DE LA TUBERIA SUBTERRANEA

Asumiendo que se ha decidido que configuración de intercambiador de calor es más aplicable a la propiedad, y el tipo de equipo de instalación, se puede iniciar el desarrollo del plan de ubicación.

Toda la tubería de cabeza debe estar en un mínimo de tres pies debajo del grado. Las cabezas de suministro y de retorno deben estar separadas un mínimo de dos pies.

Las zanjas horizontales deben estar separadas por una distancia mínima de 5 pies.

Las líneas verticales deben tener un mínimo de 10 pies entre los huecos. de nuevo las conexiones de tubería de cabeza de las líneas verticales deben estar separadas por dos pies.

Se deben evitar líneas instaladas y cimientos por un mínimo de 5 pies.

Redes subterráneas y campos de drenaje deben ser evitados por un mínimo de 10 pies a 20 pies de pozos de agua privados.

TABLA 1. PIPING FEET OF HEAD LOST PER 100 FEET

PERDIDAS DE CABEZA DE PIES DE TUBERIA POR 100 PIES								
TUBERIA DE POLIETILENO					TUBERIA DE POLIBUTILENO			
GPM @ 40°F	3/4" SDR-11	1" SDR-11	1 1/2" SCH-40	2" SCH-40	1" SDR 13.5	1 1/4" SDR 13.5	1 1/2" SDR 13.5	2" SDR 13.5
3.0	2.07	0.72			1.22			
6.0	6.90	2.39	0.36		4.03	1.55	0.70	
9.0		4.85	0.84		8.17	3.13	1.41	
12.0			1.40	0.36		5.17	2.33	0.65
15.0			2.06	0.53			3.44	0.96
18.0			2.84	0.73			4.73	1.32
21.0			3.72	0.96				1.73
24.0				1.21				2.19

4.11.8. SELECCION DE LA BOMBA DE CIRCULACION

Existen dos factores a ser considerados en la selección de la bomba apropiada. El primero son los galones requeridos por minuto (G.P.M.'s). Usualmente 3 G.P.M. por 12000 BTUH serán suficientes. El segundo factor es el requerimiento de cabeza dinámica total (TDH). El TDH consiste en la resistencia o caída de presión en el diseño de la rata de flujo (G.P.M) por lo siguiente:

1. La caída de presión (PD) através del condensador de la bomba de calor.
2. La caída de presión en el intercambiador de calor de línea cerrada mismo, el cual es dependiente de la longitud del collar, diámetro y tipo de tubería.
3. La caída de presión (Resistencia) através de todas las válvulas y accesorios de los intercambiadores de calor de línea cerrada.
4. Un factor de corrección para compensar el peso adicional y la viscosidad de anticongelamiento que será contenido dentro del sistema.

NOTAS:

Para intercambiadores de línea dual o multicircuito, flujo paralelo, la caída de presión es solamente calculada para el peor circuito. Deben los circuitos ser igualmente balanceados, la caída de presión para un circuito iguala la resistencia para el sistema.

Una bomba de circulación debe producir los G.P.M. requeridos por el sistema pero no provee suficientes presión en pies para el sistema, dos bombas en serie de igual tamaño pueden ser usadas para satisfacer los requerimientos del sistema TDH.

TABLA 2. RESISTANCE OF VALVES AND FITTINGS

RESISTENCIA DE VALVULAS Y ACCESORIOS LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA RECTA EN PIES					
Tamaño de tuber. Nominal.	Válvula de globo o de Bola.	Standard 45°	Standard 90°	Largo alcance 90° codo	Standard 180°
3/4"	21	1.0	2.0	1.5	3.2
1"	26	1.3	2.5	2.0	4.1
1 1/4"	35	1.6	3.5	2.5	5.6
1 1/2"	43	2.0	4.5	3.0	6.3
2"	54	2.5	5.0	3.5	8.2

Antes de que el intercambiador de calor de línea cerrada sea conectado al sistema de circulación, los collares deben nivelados y la presión debe ser probada. Después de que todo esto está listo, es tiempo para que las conexiones finales sean hechas en el sistema.

Para nivelar el sistema conectado, cargar el sistema con fluido y anticongelante, un ensamble de tanque cargando y nivelando es requerido. El ensamble consistirá de una caneca de 55 galones o un tambor, una bomba de agua de 1 o 1,5 H.P., un filtro de agua y dos piezas cortas (6 a 8 pies) de manguera flexible, Una manguera de jardín también es útil para mantener la caneca o tambor llena de agua.

La succión de la bomba de 1 o 1,5 H.P. será conectada al fondo del tambor o tanque con el filtro de agua. La descarga de la bomba será conectada al sistema. La pieza corta remanente de manguera será conectada de la descarga al sistema de línea cerrado hasta descargar dentro del tambor (abajo del nivel de agua). Con la válvula de aislamiento adyacente a la descarga de la bomba de circulación del sistema, en la posición cerrado para evitar corto circuito, se debe dejar que el agua purgue y nivele el sistema por un mínimo de 20 a 30 minutos.

Después que se ha logrado el equilibrio y que el sistema está libre de aire y que todos los despojos han sido liberados del sistema se usa la manguera para llevar el sistema bajo presión de 50 a 60 libras. Si no hay fugas presentes en el sistema, la presión permanecerá estable. Si la presión del sistema cae, indica que existe alguna fuga que debe ser localizada y reparada. Una válvula de presión puede ser colocado en el tapón de "Pete" con el propósito de indicar la presión.

Nota: La presión inicial de 50-60 libras caerá a medida que el sistema se expande. Si el sistema está libre de fugas la presión se estabilizará dentro de unas pocas horas.

TABLA 3. VOLUMEN DE AGUA POR 100 PIES DE TUBERIA RECTA

POLIETILENO	TAMAÑO	VOLUMEN	POLIBUTILENO	TAMAÑO	VOLUMEN
SDR-11	3/4"	3.02	SDR 13.5 CTS	1"	3.74
SDR-11	1"	4.73	SDR 13.5 CTS	1 1/4"	5.60
SCH-40	1 1/2"	10.58	SDR 13.5 CTS	1 1/2"	7.83
SCH-40	2"	17.43	SDR 13.5 CTS	2"	13.88

4.11.9. PROTECCION DE CONGELAMIENTO

Para determinar la cantidad de anticongelante que se va a adicionar al agua en sistemas de línea cerrada de temperatura de tierra, el volumen aproximado de agua en el sistema debe ser calculado. La tabla lista el volumen de agua en galones por 100 pies de tubería del intercambiador de calor de temperatura de tierra típico.

La permisión total de la cantidad de agua contenida dentro de la bomba de calor es 2.5 galones.

Para cargar el sistema de línea cerrado Earth Temp con la cantidad específica de solución anticongelante, puede ser usado el ensamble de carga y nivel. Durante la carga de anticongelante glicol propileno es adicionado directamente al tanque o tambor y es bombeado através del sistema. Adicionando gradualmente la solución anticongelante al tanque reservorio, el anticongelante puede ser mezclado uniformemente através del sistema entero. Luego se remueve el ensamble del tanque de carga y colocar el sistema en operación. Mientras opera, se usa la manguera de jardín para lograr de 25 a 30 libras de presión en el sistema. La presión del sistema fluctuará con los cambios de temperatura del fluido. Finalmente se chequea la operación del sistema para asegurar que esté conforme con los datos de operación del equipo.

Notas:

La bomba del ensamble del tanque de nivel y carga (1 o 1,5 H.P.) debe tener una capacidad de 45 a 50 GPM con un TDH de 50 a 55. (Min. 2.0 F.P.S.).

La tubería interna puede requerir aislamiento. La instalación permanente de termómetros en el fluido interno y externo de las conexiones adyacentes a la unidad permitirá una rápida evaluación de operaciones al consumidor.

El equipo de bombeo de calor con fuente de agua HP está considerado como el más fino de la industria, sin embargo es necesario tener en cuenta todos los aspectos nombrados en cuanto a selección del tipo de configuración apropiada para lograr resultados óptimos.

Los cálculos de los siguientes resultados, están en el análisis del Anexo 04.

4.11.10. POTENCIALES DE AHORRO DE ENERGIA (A)

Consumo de energía alternativa 1 = 53922 BTU/(pie²-Año)

Consumo de energía alternativa 2 = 31791 BTU/(pie²-Año)

4.11.11. POTENCIALES DE AHORRO ECONOMICOS (T)

Potencial de Ahorros = \$ 1'052.439

4.11.12. COSTOS DE IMPLEMENTACION (W)

Costo de Equipos	= \$ 4'500.000
" Instalación	= 2'500.000
" Diseño	= 500.000
" Financiación Anual	= 500.000
Costo Total (W ₁₁)= \$ 8'000.000	

menos el costo del sistema convencional= 8'000.000 - 3'000.000 = 5'000.000

4.11.13. RECUPERACION SIMPLE DE INVERSION (R)

Recuperación Simple de Inversión (R₁₁) = W₁₁/T₁₁

R₁₁ = 4,8 años

4.12 MAE - 12

COGENERACION EN LA INDUSTRIA

La cogeneración es el método de producir energía eléctrica y energía térmica simultáneamente a partir de una misma fuente de combustible. El continuo aumento de las tarifas de electricidad ha hecho que cada vez más industrias consideren la posibilidad de generar la totalidad o al menos una gran parte de su consumo, a un costo inferior de la energía comprada. Es importante considerar la cogeneración en la ciudad de Villavicencio, teniendo en cuenta la variedad de fuentes de combustible con las cuales cuenta el departamento del Meta para este propósito, y además considerando los altos costos que genera el consumo de energía a nivel industrial.

4.12.1. Aspectos técnicos (Alternativas de cogeneración)

La cogeneración puede hacerse con la utilización de una gran variedad de sistemas y combustibles. La selección depende en gran parte de la potencia requerida, curva de demanda y disponibilidad a largo plazo del combustible.

Los sistemas tradicionales de cogeneración son:

- la turbina de vapor.
- El motor diesel.
- Turbina de gas.
- Una combinación de estos.

Las principales variables que influyen en la selección del sistema, son la relación entre energía térmica y energía eléctrica requeridas, así como la temperatura necesaria en el sistema recuperador de calor.

De estudios de proyectos ya realizados se pueden extraer algunas conclusiones cualitativas de la viabilidad de la cogeneración:

- La cogeneración es viable cuando los costos in situ de los combustibles es bajo.
- La cogeneración es viable en casos donde el consumo de electricidad es alto y a alto costo.
- La cogeneración es viable cuando los consumos de vapor de proceso son altos y a relativamente bajas presiones.
- La cogeneración puede ser viable en casos de instalaciones de un factor de carga alto.

Cuando se considere la relación potencia/calor se debe escoger el sistema óptimo (Tamaño y tipo del sistema) de conversión de energía (Energy conversion system) Para la planta industrial considerada.

El ECS para cogeneración se escoge para operar en un punto de condiciones fijas de cogeneración de vapor y electricidad (Por razones de acople, de eficiencia, y de desempeño económico), que no necesariamente tiene que ser el punto de operación de la planta industrial. En la determinación del valor del ECS óptimo se debe escoger típicamente entre la opción de *ajuste de potencia* o de *ajuste de calor*.

Idealmente lo requerimientos de calor y de potencia de la planta industrial estarían al mismo punto de ajuste para un ECS en particular, pero este es raramente el caso. Por esta razón se debe elegir entre utilizar una caldera adicional o vender electricidad; o, comprar electricidad y vender calor (Ver Gráfico 38).

(Raramente se considera la venta del exceso de calor por las dificultades de transporte, y las de ajuste a los requerimientos caloríficos de proceso de otras plantas). Por lo tanto la elección del punto de operación de la planta cogeneradora viene dada por criterios económicos y de proceso, los cuales deben ser ponderados desde el punto de vista del industrial.

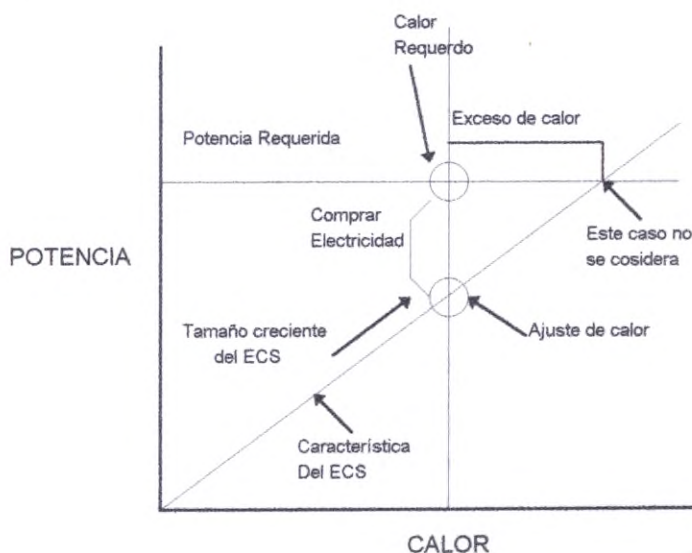


Gráfico 38. Ajuste entre requerimientos de proceso y ECS cuando la relación potencia/calor del ECS es menor que la requerida.

Los índices termodinámicos no dan al industrial una indicación inmediata y sencilla de la bondad de la cogeneración con respecto al esquema tradicional, para ello se usan, alternativamente otros parámetros de desempeño equivalentes. Para evaluar el desempeño de un sistema de cogeneración se utiliza la llamada relación de ahorros de energía de combustible (Fuel Energy Savings Ratio) (FESR). se define como :

$$\text{FESR} = \text{NF} - \text{CF} \quad \text{donde:}$$

CF es la energía de combustible usada en un proceso cogenerativo (combustible usado para producir la mezcla de vapor y electricidad).

NF es la energía de combustible usada en un proceso no cogenerativo (combustible requerido para producir la misma mezcla separadamente).

Un valor De FESR de 0.20 significa que el proceso de cogeneración usa 20% menos energía para producir la misma mezcla de potencia/vapor que un proceso de generación separado.

El gráfico 39 ilustra los valores de la relación de ahorros de energía de combustible (FESR) para varios sistemas de cogeneración versus la relación de potencia/energía obtenible.

También muestra el máximo FESR obtenible mediante un sistema de cogeneración con una tasa de calor de 3414 BTU/Kwh.

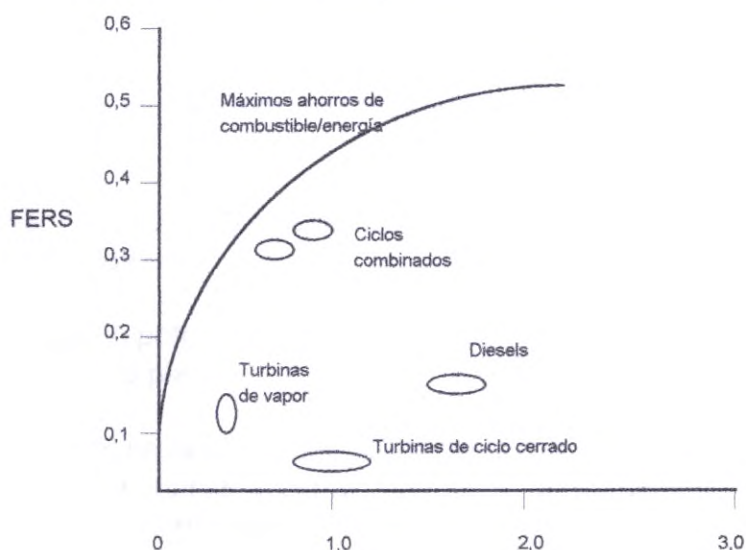


Gráfico 39. Gráfico de relación de ahorro de combustible/energía y la relación potencia/calor para Temperatura de 180 °C (350 °F).

Esta figura es útil en la escogencia de un sistema de cogeneración propuesto para satisfacer las necesidades específicas de la planta. Por ejemplo, supóngase que la relación de potencia/calor para una planta es 0,2 (alrededor de 60 kw por millón de BTU de calor de proceso).

De la figura 39 se puede ver que un sistema de turbina de vapor puede reducir esta relación a un valor de FESR de alrededor del 17%.

Alternativamente un ciclo de cogeneración con turbina de gas se podría seleccionar, vendiendo el excedente de electricidad, ya que una turbina de ciclo cerrado opera con relaciones de potencia/calor entre 0.4 y 1.4, la cantidad de electricidad que se podría vender sería por lo menos el doble de la consumida en la instalación industrial si el tamaño del sistema se especificara para cumplir con los requerimientos de calor del proceso.

puede ser posible encontrar esquemas de cogeneración que se encuentren fuera de los límites establecidos allí, por lo que su uso es sólo a manera de ilustración para tener una idea a priori, de cualquier clase de sistema de cogeneración. podría ser de interés para una aplicación específica.

Para evaluar las alternativas de cogeneración reales es necesario realizar un estudio más profundo del proceso y tener un conocimiento de las especificaciones de equipos de cogeneración disponibles.

El procedimiento para la selección de un sistema de cogeneración se puede resumir así:

- Determinar la carga de calor requerido de la planta.
- Seleccionar un conjunto generador que cumpla en lo posible con los requerimientos de calor.
- Asegurar que la potencia eléctrica nominal del generador esté cercana a la demandada por la planta.
- Continuar con el proceso de selección hasta que el conjunto, o conjuntos se acerquen lo más humanamente posible a los requerimientos de potencia eléctrica y de calor del proceso.
- Si el ajuste total es imposible, determinar si la planta debe vender o comprar electricidad, o si vender o comprar calor.

- Seleccione el conjunto con generador final.

para la industria colombiana, la venta de electricidad o de calor de proceso excedente de un proceso de cogeneración no es usual (con la legislación vigente en este instante no es posible que un particular venda energía eléctrica), por lo que los puntos de operación de los sistemas de cogeneración se ajustan para :

1. Satisfacer mediante la cogeneración (con un sistema con relación potencia/calor mayor a la requerida) los requerimientos completos de potencia y utilizar un sistema auxiliar para satisfacer los requerimientos de calor, y

2. satisfacer mediante la cogeneración (con un sistema con relación potencia/calor inferior a la requerida) los requerimientos completos de calor y comprar electricidad para satisfacer completamente las necesidades de potencia.

Algunas veces existe un criterio adicional (al criterio de conveniencia técnica-económica para la empresa industrial) por el que se selecciona la generación como alternativa técnica para satisfacer las necesidades de potencia y calor de la industria, es la confiabilidad del suministro externo a la empresa, de la electricidad.

Los costos incurridos en la industria por la eventualidad de una falla de suministro pueden hacer conveniente un proyecto de cogeneración que en un principio no lo era, cuando el análisis de rentabilidad económica se hizo con un 100% de confiabilidad del suministro externo de la electricidad.

4.12.2. METODOS PARA ANALISIS ECONOMICOS DE COGENERACION EN LA INDUSTRIA.

Una vez determinada la prefactibilidad técnica de un esquema de cogeneración para satisfacer las necesidades de calor y de electricidad de una instalación industrial, la selección del sistema apropiado para la industria viene dada por criterios de desempeño técnico y conveniencia económica de la configuración (tamaño y equipos) del sistema.

Los métodos de estudio económico de rentabilidad de un proyecto de cogeneración son básicamente los mismos que se utilizan para la evaluación financiera de los proyectos de inversión: período de retorno de la inversión, valor presente neto, tasa interna de retorno, etc.

El análisis económico se basa en el valor temporal del dinero y se realiza usando una cualquiera de las técnicas de análisis de decisión de inversión financiera, comparando el costo del caso de base (generación de la mezcla de potencia y calor requerida de manera independiente) contra los costos de las alternativas de cogeneración técnicamente factibles.

4.12.2.1 Consideraciones acerca de costos

Para realizar un análisis de rentabilidad de un proyecto de cogeneración se deben considerar los costos directos e indirectos por ejecución y puesta en marcha del proyecto, contra los beneficios y ahorros directa e indirectamente causados por su realización.

Es usual, ya que la industria debe de alguna manera, satisfacer sus requerimientos de calor y de potencia eléctrica, comparar los méritos económicos del proyecto de cogeneración contra el caso de base o referencia de compra externa de la electricidad y generación interna del vapor (o calor) de proceso por medio de una caldera vapor relativamente barata.

las componentes de costos, del flujo de caja más importantes la constituyen los costos totales de instalación, los costos de operación y mantenimiento, y los costos de combustible. En algunos casos otra componente importante de los costos la constituye los costos de financiación de capital.

4.12.2.2 Costos totales de instalación

Estos costos están directamente relacionados con el tipo de sistema escogido y las especificaciones de potencia de salida y de recuperación de calor. Los costos totales de instalación incluyen los gastos hechos en compra de equipos, gastos de estudios de ingeniería y gastos de construcción.

Cuando se considera un proyecto de cogeneración que aprovecha parte de las instalaciones existentes, los costos que deben considerarse no deben incluir los de la instalación existente, únicamente los adicionales. Algunas veces se suele agrupar en este término del flujo de caja los derivados por financiación de capital del proyecto.

4.12.2.3. Costos de operación y mantenimiento

El personal de operación provee la supervisión, la administración y la asesoría técnica para la operación de la planta cogeneradora. El mantenimiento técnico incluye la reparación y la revisión periódica (overhaul) de la instalación.

Otros costos de mantenimiento incluyen los de material usado en el mantenimiento de aspectos no técnicos. El trabajo de mantenimiento lo realiza el personal de operación.

Para el análisis financiero de rentabilidad de proyectos de cogeneración, sólo deben considerarse los costos de manejo adicionales causados por la ejecución del proyecto.

Los costos de operación y mantenimiento (costos de O&M) se toman usualmente en el análisis financiero como un porcentaje de los costos totales de instalación actualizándose en el período de vida útil considerado para la instalación cogeneradora (2% a 10% típicamente).

4.12.2.4 Costos de combustible y costo de Electricidad

Para realizar la evaluación financiera es muy importante considerar los costos anualizados de las erogaciones de la industria en combustible y electricidad. La factibilidad económica de un proyecto de cogeneración industrial es muy sensible a estos dos parámetros (costo total) de consumo de electricidad y costo total de consumo de combustibles.

Para determinarlos es necesario considerar:

- La tarifa de electricidad: Costo del kwh.
- El costo de las alternativas energéticas: costo del Mbtu/h, (según el tipo de combustible y su contenido energético).
- El factor de carga de la industria: h/año (básicamente se puede aproximar por medio del número de turnos de operación de la planta industrial).
- El factor de carga de la instalación cogeneradora: h/año, usualmente se toma, para la evaluación financiera, igual al factor de carga de la industria multiplicado por el factor de utilización del sistema cogenerador ya que depende de los niveles de consumo, de la tensión, de la empresa que presta el servicio, etc.

Para simplificar la estimación de los costos de la energía eléctrica en los análisis de rentabilidad de cogeneración se utiliza entonces, una tarifa promedio anual para el sector industrial: que bien puede ser a nivel nacional o a nivel de empresa distribuidora.

4.12.2.5. Costo de financiación de capital

Los costos de instalación de un sistema de cogeneración pueden ser muy altos para una industria, por lo que puede exceder su capacidad de capital. en estos casos la industria puede recurrir a capital externo para financiar el proyecto. Emisión de bonos, acciones, préstamos, etc.

la utilización de capital no propio hace que aumenten un poco los costos de instalación y la complejidad del análisis financiero del proyecto. Algunas veces los costos de financiación aunque constituyen un ítem independiente en el flujo de caja del proyecto, se agrupan en los costos totales de instalación.

este criterio se basa en un deseo de liquidez por parte de la compañía. El criterio del período de retorno se basa en un deseo de liquidez por parte del ejecutor del proyecto.

4.12.2.6 Efecto de la inflación

La inflación se debería tener en cuenta en la determinación de la tasa de descuento, o en la tasa interna de retorno reales.

Este hecho implicaría establecer tasas de interés mayores que las correspondientes al caso ideal de inflación cero. En principio se puede asumir que la inflación no ocurre y realizar con base a esta hipótesis los cálculos de flujo de cajas, correspondientes a valores menores que los reales.

sin embargo se pueden hacer previsiones usando una supuesta inflación relativa (por ejemplo la escalación de costos) usualmente mayor que la tasa de inflación.

Un efecto similar se presenta en los costos de financiación de capital, cuando la financiación es por capital externo en divisas, causado por la devaluación del peso.

4.12.2.7 Escalamientos de costos

Para la realización de un correcto flujo de caja de un proyecto de cogeneración los precios de combustibles y de tarifas eléctricas deberían ser escalados en un porcentaje anual dado que refleje aproximadamente el comportamiento de estos precios.

Cuando la tarifa de electricidad sea dependiente del consumo se podría hacer una primera aproximación usando un valor promedio en el rango de consumo de la planta industrial.

4.12.2.8 Análisis de rentabilidad

La rentabilidad económica de un proyecto de cogeneración industrial es determinada por medio de métodos de análisis financiero de proyectos de inversión, con el fin de determinar su conveniencia para las partes participantes en el proyecto.

4.12.2.9. Valor temporal del dinero

Los principales métodos para expresar el beneficio final del proyecto son:

- El valor presente neto del flujo de caja descontado (VNP);
- La tasa de retorno del flujo de caja descontado o tasa de retorno de inversión, conocida normalmente como la tasa interna del retorno del proyecto (TIR);
- El punto de equilibrio descontado, en el cual no hay ni pérdida ni ganancia;
- El período de retorno de la inversión.

Se prefiere, principalmente, expresar los resultados del análisis promedio del VPN, la TIR y el período de retorno.

4.12.2.10 VPN

El valor presente neto de un proyecto de cogeneración es la cantidad neta de dinero, en moneda constante del año cero, que resulta de la ejecución del proyecto.

En otras palabras, es la cantidad de dinero ahorrada año a año hasta el final de la vida útil de la planta, (años), expresada en unidades monetarias constante del año cero y descontada del valor de inversión inicial al comienzo de la operación.

El VPN depende entonces, grandemente de la distribución de las entradas de capital (entradas netas: ahorros netos-gastos netos anuales) en el tiempo. La inversión de capital se asume hecha en el año cero de la operación.

4.12.2.11. Otros costos

El proyecto de cogeneración puede tener otros adicionales que dependiendo de su cuantía deberan considerarse o no. Ejemplo de este tipo de gastos son los impuestos, gastos de seguros, Etc.

Estos gastos generalmente se incluyen en el flujo de caja para análisis de factibilidad económica del proyecto agrupados con el propósito de mejorar la exactitud del análisis.

4.12.2.12. Ingresos por cogeneración

Los ingresos por cogeneración no constituyen un ingreso neto a primera vista, principalmente son ahorros con respecto al caso de referencia: ahorros en gastos, en combustible y en electricidad.

Algunas veces es posible obtener un ingreso adicional a los de ahorros por cogeneración, por ventas de excedentes de generación.

En la actualidad este hecho no es permitido en Colombia, pero se espera que lo sea en un futuro cercano, lo cual permitirá emprender proyectos de cogeneración de mayor escala.

4.12.2.13. Vida útil

Para realizar una evaluación correcta de varias alternativas de configuraciones de cogeneración es necesario considerar algunas veces la vida útil, del proyecto (del equipo).

Para diferentes sistemas la vida útil es diferente; pero, se asumen iguales para análisis de factibilidad financiera.

La razón para esto viene dada por la reposición del equipo al final de su vida útil, o de la extensión de la misma por reparación o reacondicionamiento de los equipos. El rango de vida útil de un proyecto de cogeneración es muy variado, pero se puede considerar típicamente de 10 a 25 años.

4.12.2.14. Período de retorno

El período de retorno de inversión se define como el número de años de ahorro en costos de operación necesarios para igualar el costo de inversión inicial del proyecto.

para proyectos de cogeneración se toman como aceptables periodos de retorno menores a 5 años.

4.12.2.15. TIR

La tasa interna de retorno (incremental) de inversión, es la tasa de interés i , que hace a VPN (incremental) del proyecto de cogeneración, igual a cero en un predeterminado número de años (vida útil de la planta usualmente).

Es una ecuación implícita de i (tasa de descuento).

4.12.2.16. El período de retorno de la inversión

El período de retorno de la inversión se basa en una tasa de interés de (descuento) i **seleccionada** con anticipación, y equivale al número de años requeridos para recuperar la inversión. Este método ignora todos los ahorros obtenidos más allá del año de recuperación de inversión, por lo que penaliza los proyectos que tienen largos potenciales de vida por aquellos que ofrecen altos ahorros en un período relativamente corto.

El período de retorno (aproximado o período sencillo de repago) se calcula por la fórmula que se presenta a continuación:

Período de retorno (% anual) = Inversión incremental inicial / Ahorros incrementales anuales.

4.12.3. VENTAJAS DE LA COGENERACION EN LA INDUSTRIA

A continuación se mencionarán las ventajas que representa implantar un sistema de cogeneración a nivel industrial:

- Permite al usuario la satisfacción de sus necesidades energéticas a un costo inferior al que tendría si adquiere en forma independiente la electricidad y la energía termica requerida para su proceso.
- Aumenta la confiabilidad del sistema productivo de su planta.
- Posibilita un importante ahorro de energía primaria.
- Reduce el nivel de contaminación, al emplear menor combustible por kwh generado que una central térmica convencional.
- Disminuye pérdidas por transmisión de electricidad.
- Conduce a mejorar la competitividad de la industria.
- Reducción del consumo de combustible por cogeneración en comparación con la práctica convencional de generación de calor y energía eléctrica por separado.
- Incentivos gubernamentales por uso eficiente de la energía.

Los beneficios por mayor eficiencia en el uso de combustible son:

- Un uso más eficiente de los recursos de capital de inversión, especialmente si es posible utilizar parte de las instalaciones existentes.
- Una reducción en el consumo de combustibles.
- Una reducción en los costos de combustible

- Una clara reducción en los costos de compra de electricidad.
- Disminución de los costos de mantenimiento y operación.

En cuanto a los incentivos gubernamentales:

- Depreciación en libros. se puede obtener algunas erogaciones por impuestos.
- Programas de incentivos gubernamentales por políticas de utilización de recursos energéticos primarios; como el caso colombiano del uso subsidiado del carbón y del gas natural como en el caso mismo del Meta.

En cuanto a las consideraciones ambientales:

- Bajos niveles en la polución térmica.
- Disminución en las emanaciones del aire (dioxido de azufre, óxidos Nitrosos, partículas, etc.)

En cuanto a la confiabilidad y la flexibilidad del proceso de la industria:

- Mayor confiabilidad en el suministro de energía eléctrica, teniendo por lo tanto capacidad de respaldo.
- Mayor independencia y flexibilidad de los procesos de producción por la independencia interna a condiciones de respaldo contratadas con la red, a cortes o Racionamientos de suministro interno de electricidad.

En principio la cogeneración se justifica en los siguientes casos:

- Inexistencia del servicio público.
- Deficiencias en el servicio público.
- Disponibilidad de un combustible barato.
- Posibilidad de generar electricidad a un costo inferior al de la energía comprada.

Teniendo en cuenta la gran variedad de combustibles (Cáscara de arroz, gas natural, Crudo de castilla) que presenta el departamento del Meta, se proyecta como solución rentable la implementación de esta medida.

4.12.4. Aplicabilidad de la cogeneración en un molino arrocero

El proceso molinero incluye las operaciones de secado y trilla del arroz. La primera consume energía mecánica (principalmente eléctrica) y energía térmica proveniente de la quema de combustibles. La segunda consume solamente energía mecánica.

Los consumos típicos de energía son los siguientes:

OPERACION	COMBUSTIBLES	ENERGIA ELECTRICA
SECADO	110 - 140 KWh/Ton.	23 - 33 KWh/Ton.
TRILLA		30 - 60 KWh/Ton.

La energía eléctrica proviene de la red, salvo algunos molinos que cuentan con planta propia, para funcionamiento en horas pico o en horarios de corte o racionamiento.

La participación de los combustibles utilizados en el secado es:

COMBUSTIBLE	PODER CALORIFICO	% DE PARTICIPACION
Coque	8050 Kwh /Ton.	72
Gas Natural	10.860 Kcal /m3	14,3
A.C.P.M	11700 Kwh /Ton.	7,2
Cascarilla	3900 Kwh /Ton.	5,3

La escasa participación de la cascarilla se debe principalmente a las dificultades técnicas que implica su combustión, lo que impide obtener humos limpios que permitan el secado directo del grano.

Sin embargo la cascarilla presenta un gran potencial como fuente energética para el proceso de secado, pues por cada tonelada de arroz paddy procesado, se obtienen aproximadamente 200 kilogramos (el 20 %) de cascarilla, y la energía contenida en esos 200 kilogramos es suficiente para proveer energía térmica para secar 6 toneladas de arroz paddy.

Si la cascarilla se utiliza como combustible para la generación de electricidad y el calor residual se utiliza para el secado del grano, se puede establecer el siguiente balance:

Base de cálculo:

1 tonelada de arroz paddy

Energía requerida:	térmica:	120 Kwh
	eléctrica:	<u>73 Kwh</u>
	Total:	193 Kwh

Cascarilla producida: 200 kilogramos

Energía contenida en la cascarilla: 780 Kwh

Asumiendo una eficiencia en la generación del 20%, se puede generar 156 Kwh de electricidad y 624 Kwh de energía térmica, lo que significa que el proceso de secado y trilla del arroz puede ser autosuficiente en energía.

4.12.4.1. Potencial de aplicación en la región

En Colombia existen aproximadamente 360 molinos con una capacidad global de 3000 toneladas por hora en el secado y 700 toneladas por hora en la trilla. En la región de los Llanos Orientales se localiza el 16 de la industria molinera del país, con el 22% de la capacidad de secado y el 18% de la capacidad de trilla.

Para 1995 la industria arrocera del llano procesó 14000 toneladas y produjo 2800 toneladas de cascarilla. Este subproducto se desperdicia en su inmensa mayoría, pues se quema en las pilas de almacenamiento que poseen los molinos, ocasionando contaminación ambiental. En una pequeña cantidad se utiliza como combustible en los propios molinos o se utiliza como acondicionador de suelos en granjas cercanas.

El potencial de aplicación en los llanos orientales, así como en el resto del país es muy alto, pues adicionalmente al balance energético favorable que presenta, implica beneficios ambientales y de autonomía para la propia industria.

4.12.4.2. Costos de instalación

Con la tecnología actual utilizada por los molinos, el costo promedio del secado de una tonelada de arroz se estima en \$ 2200,00 (pesos de febrero de 1996). El 25% de este costo corresponde a los combustibles y el 75% restante corresponde a la energía eléctrica.

Para los llanos orientales los costos son mayores con respecto al resto del país, en aproximadamente un 10%, en razón principalmente al mayor

4.12.4.4.3. Costos de Implementación (W)

Costo total equipo instalado = $(W_{13}) = 1200$ M\$

4.12.4.4.4. Recuperación Simple de Inversión (R)

El período simple de repago de la inversión es de 2,34 años, lo que hace esta inversión atractiva para el industrial.

$$(R_{13}) = (W_{13}/T_{13}) = 2,34$$

En conclusión, se encuentra la cogeneración en la industria arrocera, como una opción técnica y económicamente viable y por tanto, se recomienda su inclusión dentro de los proyectos prioritarios a considerar dentro del plan de uso racional de energía para los Llanos Orientales.

4.13. TABLA DE RESULTADOS DE LAS MAE

La siguiente tabla se encuentra organizada teniendo en cuenta el orden de implementación de cada medida.

MAE #	Descripción	Ahorro Energía kwh/Año	Ahorro costos \$/Año	Costos Implement. \$	Retorno Inversión Años
1	Cambio de bombilla incandescente a fluorescente a nivel residencial.	17'082.000	2254'820.000	17.602	0,7
3	Cambio de bombillería T12 a bombillería T8 en el sector oficial y comercial.	Ofic. 91,25 Com.	8.212,5 10.183,5	26.844	3,26 2,63
2	Cambio de luminarias de vapor de mercurio por sodio de alta presión en el alumbrado público.	(70watt) 276 por bombilla cambiada. (150watt) 501	13.579 24.649	35.249 44.487	2,59 1,80
9	Cambio de equipos actuales por equipos de refrigeración eficientes (Absorción).	Variable	420'483.130	338'000.000	0,8
7	Cambio gradual de tubería del acueducto.	1'843.396	165'905.649	384'000.000	2,31
12	Cogeneración en la industria Arrocería.	2'520.000	516'000.000	1200'000.000	2,34
8	Ajustadores de frecuencia.	2'709.374	243'844.000	575'000.000	2,4
5	Cambio de motores de bombas por motores de alta eficiencia.	970.209	87'318.810	285'266.500	3,26
6	Corrección de factores de potencia.	9.400	4'980.646	21'950.000	4,40
10	Cambio de equipos de aire acondicionado eléctrico por equipos de gas natural.	Variable	1'342.187	6'000.000	4,47
11	Conversión de sistemas de aire acondicionado convencional por uno acoplado por tierra.	variable	1'052.439	5'000.000	4,8

ELF-175	CARGA ELECTRICA (WATT)	SECTOR	TARIFA (\$/KWh)	Costo en pesos por hora menos el costo de una carga
Newton	(A) 300 - 700	Residencial	19,2	\$ 1.225,17
Esato	(B) 1000 - 4500	Esato 1	51,8	\$ 3.984,90
Horn	(C) 1000	Esato 2	80,4	\$ 6.413,20
Televisión	(D) 10 - 300	Esato 4	80,4	\$ 121,60
Equipos de audio	(E) 150	Esato 5	132,5	\$ 99,48
Computador	(F) 200	Comercial	111,8	\$ 48,24
Enmadur	(G) 30	Industrial	111,8	\$ 34,32
				(H) \$ 741,20

5. FORMULACION DEL PLAN LOCAL DE USO RACIONAL DE ENERGIA

5.1. Campañas para implementar el plan URE

A continuación se sugieren diferentes campañas con el fin de masificar el ahorro de energía en la ciudad de Villavicencio. Estas campañas serán accesibles a la población, mediante panfletos que estarán anexados a los recibos de energía, o por medios radiales a manera de publicidad para disminuir el consumo.

5.1.1. Campaña de Información

Para concientizar a la población acerca del ahorro en el consumo de energía, es necesario brindarle la información necesaria acerca de las cargas eléctricas de cada elemento que consume energía (Iluminación y algunos electrodomésticos), así como de las tarifas que se aplican en cada sector y estrato, por KWH de consumo. Para este fin se sugiere el siguiente formato:

!! AHORRAR ELECTRICIDAD ES GUESTION DE COMUNIDAD !!							
¿SABE USTED CUAL ES LA CARGA ELECTRICA DE UNA PLANCHA? O ¿ CUAL ES LA TARIFA DE ENERGIA EN SU SECTOR O ESTRATO?							
Entérese porqué su recibo de energía adquiere su valor, mediante la siguiente información :							
Demostración en estrato 4:							
ELEMENTO		CARGA ELECTRICA (WATT)	SECTOR	TARIFA (\$/KWH)	Elto.	Ahorro en pesos por 4 hora menos al mes de uso estr.4	
Nevera	(A)	300 - 700	Residencial		(A)	\$	225,12
Estufa	(B)	2000 - 4500	Estrato 1	49,2	(B)	\$	964,80
Horno	(C)	2000	Estrato 2	51,6	(C)	\$	643,20
Plancha	(D)	1000	Estrato 3	80,4	(D)	\$	321,60
Televisor	(E)	150 - 300	Estrato 4	80,4	(E)	\$	96,48
Equipo de sonido(F)		150	Estrato 5	132,0	(F)	\$	48,24
Computador	(G)	200	Comercial	111,6	(G)	\$	64,32
Enfriador	(H)	750	Industrial	111,6	(H)	\$	241,20

5.1.2. Campaña de Educación

Después de suministrar la información, se debe explicar la manera de utilizarla. Esto se debe hacer, dando a conocer casos concretos de ahorro de energía y ahorro en costos, y efectuando algunas recomendaciones que ayuden a este fin.

El siguiente formato es sugerido para lograr este propósito:

!! EL AHORRO DE ENERGIA ES EL MEJOR AMIGO DE SU BOLSILLO !!

CONSUMO Y COSTOS PROMEDIO POR FAMILIA

Electrodoméstico	Estrato 4		Estrato 5		Ideal	
	Consumo (Kwh/mes)	Costos (\$/mes)	Consumo (Kwh/mes)	Costos (\$/mes)	Consumo Ideal (Kwh/mes)	Costos (\$/mes)
Cocción	117,20	9422,88	77,00	10164,0	Gas	-----
Refrigeración	65,90	5298,36	102,00	13464,0	54,00	4020,00
Iluminación	36,50	2934,60	44,60	5887,2	36,50	2934,60
Otros	101,90	8192,76	135,70	17912,4	101,90	8192,76
Total	321,50	25848,60	359,30	47427,6	192,40	15468,60

Ahorre energía revisando el consumo:
 Una Plancha tiene 1Kw de carga eléctrica y se utiliza en un promedio de 5 horas por semana. La plancha gasta en ese tiempo 5 Kw. Por ejemplo en el estrato 4 el uso de este aparato le cuesta \$1608 por mes. Si se decide a usarla tan solo tres horas a la semana, su consumo se reducirá a \$964,8 : un 40 % menos. Una Estufa eléctrica consume un promedio de 117kw al mes lo que representa un costo de \$9407. La mejor solución sería cambiarla por una estufa de gas. Pero si esto no es posible, se deben concertar tiempos racionales específicos para cocción, y evitar al máximo los recalentamientos; Un ahorro del 25% significarían \$2350 menos al mes. En el caso de la Nevera, el problema es que debe estar encendida todo el día. Una nevera de 12 pies tiene una carga de 66kw que tienen un costo de \$5306. Para este caso, debido a que no se puede apagar la nevera, la estrategia consiste en abrirla solo cuando sea estrictamente necesario, para que los intercambios de calor eviten que el motor se esfuerce y consuma más energía de la necesaria. Otro factor importante en el cuidado de su bolsillo es la Luz. Normalmente se utilizan bombillos incandescentes. Pero observe esta diferencia: un bombillo de este tipo consume 60 ó 100w por hora, mientras que un bombillo fluorescente puede disminuir ese consumo hasta 9 watts. Esto en términos económicos implica que un bombillo corriente prendido durante 6 horas diarias, le cuesta \$900 cada mes, mientras que un bombillo fluorescente puede significarle tan sólo \$130.

5.1.3. Campaña de motivación

La motivación para el ahorro en el consumo de energía debe ser complementada con campañas de publicidad radiales y en diarios y revistas locales que sugieran y motiven a la comunidad a participar en este propósito.

A nivel radial se sugiere implementar un comercial en el cual se inicie diciendo: "EL MOMENTO DE LA ENERGIA", (ó "LOS CONSEJOS DE LUMINITO" que sería el animado, símbolo de la campaña y cuyo diseño puede estar basado en un muñeco en forma de bombillo) seguido de algún consejo en el cual se implemente un ahorro de energía en cualquiera de sus

modalidades (refrigeración, cocción, iluminación etc.); para lo cual se proponen algunos comentarios como los siguientes:

Refrigeración:

- Si en la nevera se encuentra escarcha o capa de hielo con un espesor mayor de medio centímetro, descongele.
- Cuando necesite descongelar alimentos, retírelos del congelador desde el día anterior y colóquelos en el enfriador, así habrá intercambio de temperatura con los demás alimentos, se aprovecha el frío y se aumenta la eficiencia del electrodoméstico.
- Mantenga la nevera con una buena cantidad de alimentos ya que esta conserva la temperatura de enfriamiento constante. si es necesario introduzca recipientes con agua.

Cocción:

- En lo posible utilice gas para la cocción de alimentos, pues es el combustible más eficiente y económico para este proceso.
- Tape las ollas cuando esté cocinando, pues así ahorra el 20% del consumo.

Iluminación:

- Es necesario limpiar periódicamente las lámparas y las bombillas, pues así la calidad de la iluminación mejora y se alarga la vida útil de estas.
- Elija adecuadamente la potencia de las luminarias teniendo en cuenta su uso.
- Las bombillas incandescentes que permanezcan encendidas por más de 4 horas al día pueden ser sustituidas por bombillas fluorescentes compactas.

Consejos para Navidad:

- Conserve las tradiciones navideñas, sin aumentar su consumo de energía.
- Elabore los pesebres utilizando materiales reciclables altamente reflectivos

en las ventanas.

- Diseñe y arme figuras en origami para sus adornos navideños.
- Promueva la elaboración de pesebres comunales, recuerde que la gente reza unida permanece unida.
- Programe su novena con faroles y velas, es más romántico y cuesta menos.

Para finalizar el mensaje radial se puede despedir utilizando frases como las que se sugerirán para la publicidad escrita.

Para la publicidad en revistas y diarios locales, se sugiere colocar el animado de "LUMINITO" con frases como las siguientes:

- "AUMENTE SUS INGRESOS AHORRANDO ENERGIA"
- "AHORRAR ENERGIA ES AHORRAR ENERGIAS"
- "NO PELEE CON LA ENERGIA, AHORRELA"
- "AHORRAR ENERGIA NO ES PERJUDICIAL PARA LA SALUD"
- "EL AHORRO DE ENERGIA ES EL MEJOR AMIGO DE SU BOLSILLO"
- "AHORRAR ELECTRICIDAD ES CUESTION DE COMUNIDAD"
- "SI QUIERES TU BOLSILLO NO PRENDAS TANTO BOMBILLO"

NOTA: Se sugiere para el panfleto que va anexo al recibo de la energía, unificar todos los formatos de estas campañas de información, educación y motivación en una sola hoja, ya que este medio es el que va a llegar más directamente a todos los consumidores.

Para este fin se sugieren los siguientes formatos:

Cara 1

!! AHORRAR ELECTRICIDAD ES CUESTION DE COMUNIDAD !!

¿SABE USTED CUAL ES LA CARGA ELECTRICA DE UNA PLANCHA?
O ¿ CUAL ES LA TARIFA DE ENERGIA EN SU SECTOR O ESTRATO?

Entérese porqué su recibo de energía adquiere su valor, mediante la siguiente información :

Demostración en estrato 4:

ELEMENTO		CARGA ELECTRICA (WATT)	SECTOR	TARIFA (\$/KWH)	Elemento	Ahorro en pesos por 4 horas menos de uso al mes estrato 4
Nevera	(A)	300 - 700	Residencial		(A)	\$ 225,12
Estufa	(B)	2000 - 4500	Estrato 1	49,2	(B)	\$ 964,80
Horno	(C)	2000	Estrato 2	51,6	(C)	\$ 643,20
Plancha	(D)	1000	Estrato 3	80,4	(D)	\$ 321,60
Televisor	(E)	150 - 300	Estrato 4	80,4	(E)	\$ 96,48
Equipo de sonido(F)		150	Estrato 5	132,0	(F)	\$ 48,24
Computador	(G)	200	Comercial	111,6	(G)	\$ 64,32
Enfriador	(H)	750	Industrial	111,6	(H)	\$ 241,20

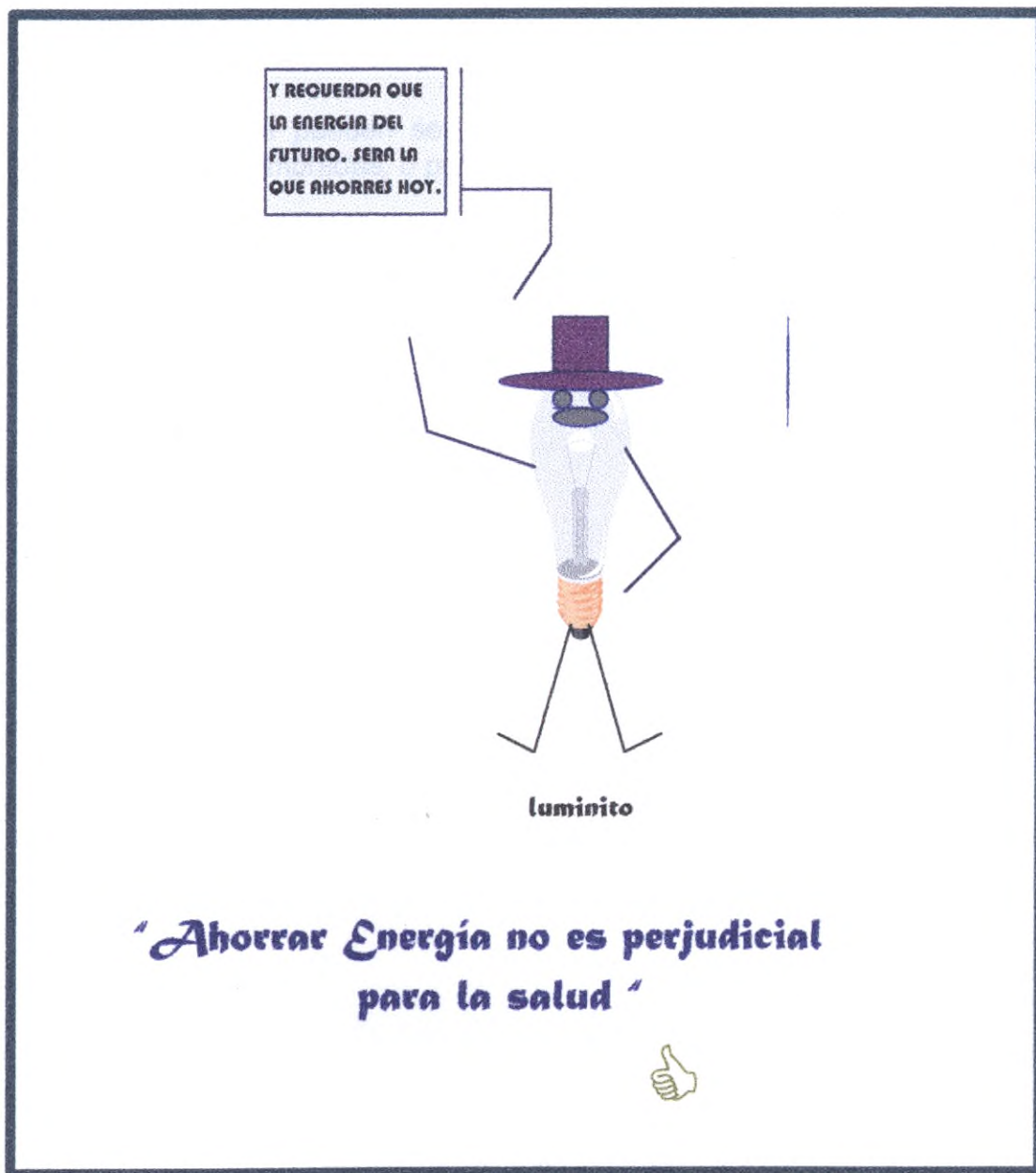
!! EL AHORRO DE ENERGIA ES EL MEJOR AMIGO DE SU BOLSILLO !!

	CONSUMO Y COSTOS PROMEDIO POR FAMILIA					
	Estrato 4		Estrato 5		Ideal	
	Consumo (Kwh/mes)	Costos (\$/mes)	Consumo (Kwh/mes)	Costos (\$/mes)	Consumo Ideal (Kwh/mes)	Costos (\$/mes)
Cocción	117,20	9422,88	77,00	10164,0	Gas	-----
Refrigeración	65,90	5298,36	102,00	13464,0	54,00	4020,00
Iluminación	36,50	2934,60	44,60	5887,2	36,50	2934,60
Otros	101,90	8192,76	135,70	17912,4	101,90	8192,76
Total	321,50	25848,60	359,30	47427,6	192,40	15468,60

Ahorre energía revisando el consumo:

Una **Plancha** tiene 1Kw de carga eléctrica y se utiliza en un promedio de 5 horas por semana. La plancha gasta en ese tiempo 5 Kw. Por ejemplo en el estrato 4 el uso de este aparato le cuesta \$1608 por mes. Si se decide a usarla tan solo tres horas a la semana, su consumo se reducirá a \$964,8 : un 40 % menos. Una **Estufa eléctrica** consume un promedio de 117kw al mes lo que representa un costo de \$9407. La mejor solución sería cambiarla por una estufa de gas. Pero si esto no es posible, se deben concertar tiempos racionales específicos para cocción, y evitar al máximo los recalentamientos; un ahorro del 25% significarían \$2350 menos al mes. En el caso de la **Nevera**, el problema es que debe estar encendida todo el día. Una nevera de 12 pies tiene una carga de 66kw que tienen un costo de \$5306. Para este caso, debido a que no se puede apagar la nevera, la estrategia consiste en abrirla solo cuando sea estrictamente necesario, para que los intercambios de calor eviten que el motor se esfuerce y consuma más energía de la necesaria. Otro factor importante en el cuidado de su bolsillo es la **Luz**. Normalmente se utilizan bombillos incandescentes. Pero observe esta diferencia: un bombillo de este tipo consume 60 ó 100w por hora, mientras que un bombillo fluorescente puede disminuir ese consumo hasta 9 watts. Esto en términos económicos implica que un bombillo corriente prendido durante 6 horas diarias, le cuesta \$900 cada mes, mientras que un bombillo fluorescente puede significarle tan sólo \$130.

Cara 2



5.2. Propuesta financiera para la ejecución del plan

Para la ejecución de todas las propuestas que han sido recomendadas por esta consultoría, se propone acudir a los recursos de la nación, provenientes del plan de regalías, recursos privados, recursos IFI para la industria y recursos FEN para el sector eléctrico.

Estos programas pueden ser financiados por alguna de las instituciones anteriormente nombradas, o por asociaciones de inversión entre las mismas.

Por otro lado se debe considerar la opción de recurrir a compañías extranjeras que desarrollan este tipo de implementaciones por cuenta propia, y que recuperan su inversión por medio de el ahorro en costos de energía que generan sus equipos, obteniendo además una utilidad por un tiempo predeterminado por las partes, después de haber obtenido reembolso del capital invertido.

BIBLIOGRAFIA

- ELECTRIFICADORA DEL META S.A. (EMSA).
- EMPRESAS PUBLICAS DE VILLAVICENCIO.
- LLANOGAS S.A.
- CAMARA DE COMERCIO DE VILLAVICENCIO.
- CORPES ORINOQUIA.
- CLIMA, LUGAR Y ARQUITECTURA, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), España.
- COGENERACION EN LA INDUSTRIA, William César Peña Díaz.
- COOLING AND REFRIGERATION SYSTEMS, SMACNA.
- AIR MODULATORS, YORK.
- VARIABLE AIR VOLUME APPLICATION GUIDE, YORK DIVISION BORG-WAGNER.
- ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGETICA EN LOS SECTORES RESIDENCIAL COMERCIAL Y OFICIAL, Comisión Nacional de Energía (CNE).

WATER PIPING PROGRAM (PROGRAMA DE TUBERÍA DE AGUA)

Este programa se utiliza para calcular pérdidas en sistemas de tubería de agua. El planteamiento general se basa en describir el sistema de tubería en cuestión dentro de los parámetros del programa, y de calcular las pérdidas por cada caso y cada material.

En este caso se usó el flujo de agua de el sistema de acueducto y se calculó la pérdida promedio para cada material de tubería (acero y PVC). Esta pérdida está directamente relacionada con el consumo de energía de las bombas, ya que una reducción de un 5 % en flujo implica una reducción de potencia de aproximadamente el doble (es una relación lineal al cuadrado).

ANEXO 01

WATER PIPING PROGRAM (PROGRAMA DE TUBERÍA DE AGUA)

Este programa se utiliza para calcular perdidas en sistemas de tubería de agua. El planteamiento general se basa en describir el sistema de tubería en cuestión dentro de los parámetros del programa, y de calcular las perdidas por cada caso y cada material.

En este caso se uso el flujo de agua de el sistema de acueducto y se calculo la perdida promedio para cada material de tubería (acero y PVC). Esta perdida esta directamente relacionada con el consumo de energía de las bombas ya que una reducción de un 5 % en flujo implica una reducción de potencia de aproximadamente el doble (es una relación lineal al cuadrado).

For exclusive use by: C.D.S. MARKETING

WATER PIPING PROGRAM

PROGRAM VERSION: 8.08

RUN DATE: 06/27/96

INPUT DATA

PROJECT :
 LOCATION :
 OWNER :
 USER :
 COMMENTS :

PIPE TYPE	FLUID	TEMP	FLUID CONC	VISCOSITY	SPECIFIC GRAVITY	ROUGHNESS	MAX TPD	EXISTING SYSTEM	INSULATE PIPE	COST SYSTEM
P	W	65	0	1.000	1.000	0.000059999	0.0	YES	NO	NO

PIPE SIZES NOT USED: 3 1/2 5

NODE #1	NODE #2	LENGTH FEET	FLOW GPM	COIL PD	ELBOWS			FITTINGS			ACT DIA	MAX VEL	MAX PD	VLV CV	ELV 1	ELV 2	
					SHORT	GATE	LONG	ANGLE	STR	CHECK							
1	1	100	3170.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	6.0	99.0	99.0	0.0	0	0

OUTPUT DATA:

NODE #1	NODE #2	GPM	VELOCITY	NOMINAL DIAMETER	TOTAL PD	PIPE PD	COIL PD	VALVE PD	ELEV PD	
*	1	1	3170.0	35.21	6	53.67	53.67	0.00	0.00	0

* DENOTES CRITICAL RUN

LOOP PRESSURE DROPS

TPD NODE LIST

* 53.67 1 1

c IDENTIFIES COIL

BILL OF MATERIALS

PIPE SIZE	FEET	SHORT ELBOW	LONG ELBOW	GATE	GLOBE	ANGLE	CHECK	STRAINER
6	100	0	0	0	0	0	0	0

150.06 GALLONS OF FLUID. (DOES NOT INCLUDE COILS OR HEAT EXCHANGERS)

***** CUSTOMER DIRECT SERVICE NETWORK *****

For exclusive use by: C.D.S. MARKETING

WATER PIPING PROGRAM

PROGRAM VERSION: 8.08

RUN DATE: 07/24/96

INPUT DATA

PROJECT :
LOCATION :
OWNER :
USER :
COMMENTS :

PIPE TYPE	FLUID	TEMP	CONC	VISCOSITY	SPECIFIC GRAVITY	ROUGHNESS	MAX TPD	EXISTING SYSTEM	INSULATE PIPE	COST SYSTEM
P	W	65	0	1.000	1.000	0.000159999	99.0	YES	NO	NO

PIPE SIZES NOT USED: 3 1/2 5

NODE #1	NODE #2	LENGTH FEET	FLOW GPM	COIL PD	ELBOWS			FITTINGS			ACT DIA	MAX VEL	MAX PD	VLV CV	ELV 1	ELV 2	
					SHORT	GATE	LONG	ANGLE	STR	GLOBE							CHECK
1	1	100	3170.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	6.0	99.0	99.0	0.0	0	0

OUTPUT DATA:

NODE #1	NODE #2	GPM	VELOCITY	NOMINAL DIAMETER	TOTAL PD	PIPE PD	COIL PD	VALVE PD	ELEV PD
* 1	1	3170.0	35.21	6	64.93	64.93	0.00	0.00	0

* DENOTES CRITICAL RUN

LOOP PRESSURE DROPS

TPD	NODE LIST
* 64.93	1 1

c IDENTIFIES COIL

BILL OF MATERIALS

PIPE SIZE	FEET	SHORT ELBOW	LONG ELBOW	GATE	GLOBE	ANGLE	CHECK	STRAINER
6	100	0	0	0	0	0	0	0

150.06 GALLONS OF FLUID. (DOES NOT INCLUDE COILS OR HEAT EXCHANGERS)

ENERGY SAVING PROGRAM PROGRAMA DE AHORRO DE ENERGÍA

de energía y el retorno simple de los
inversos de frecuencia a sistemas de

de presión en la bomba, la potencia de
de la descarga de la bomba en
de variable.

ANEXO 02

PROYECTO PILOTO DE USO RACIONAL DE ENERGIA
 VILLAVICENCIO
 MAE-8

Graham Energy Savings Program

8760 hrs/yr Pump Brake HP: 600 Motor Eff.: 90% Design Head: 404 ft.
 \$0.090/kW/hr Motor HP: 600 Drive Eff.: 96% Peak Head: 444 ft.
 Drive HP: 600 Static Head: 81 ft.

Duty Cycle			Constant Volume	AC Drive
% flow	% of time	hrs/yr	kW-hr/yr	kW-hr/yr
100	0	0	0	0
90	3	263	129,392	106,620
80	9	788	388,177	246,539
70	21	1840	905,745	438,253
60	23	2015	992,007	362,423
50	23	2015	992,007	272,567
40	16	1402	690,092	143,112
30	5	438	215,654	34,186
total			4,313,074	1,603,700
kW-hr/yr savings				2,709,374
annual cost savings				\$243,844
drive cost				\$575,000
payback (years)				2.4

Calculations are based on the data available to Graham Company and assume the duty cycles shown. Graham Company assumes no responsibility for the accuracy of the data or of the resulting report.

Program provided by:

Graham Company
 Box 23880 / 8800 W. Bradley Road.
 Milwaukee, Wisconsin 53223 U.S.A.
 Phone: 414/355-8800 Fax: 414/355-6117

SYSTEM ANALYZER (ANALIZADOR DE SISTEMAS)

Este programa compara las alternativas de diferentes sistemas de aire acondicionado para edificaciones de todo tipo. Los parámetros requeridos son varios, pero básicamente requiere una descripción del edificio o casa, y la descripción técnica y de funcionamiento de los dos sistemas que se van a comparar. Intrínsecamente en el programa se incluyen las características de funcionamiento de diferentes clases de equipo, datos climáticos alrededor del mundo, patrones de consumo de edificios típicos, y varios parámetros financieros y tarifas de energía.

Todos los parámetros fueron adaptados para las condiciones de Villavicencio.

ANEXO 03

SYSTEM ANALYZER (ANALIZADOR DE SISTEMAS)

Este programa compara las alternativas de diferentes sistemas de aire acondicionado para edificaciones de todo tipo. los parámetros requeridos son varios, pero básicamente requiere una descripción del edificio o casa, y la descripción técnica y de funcionamiento de los dos sistemas que se han de comparar. Intrínseco en el programa se incluyen las características de funcionamiento de diferentes clases de equipo, datos climáticos alrededor del mundo, patrones de consumo de edificios típicos, y varios parámetros financieros y tarifas de energía.

Todos los parámetros fueron adaptados para las condiciones de Villavicencio.

PROGRAMA DE ANÁLISIS DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO
PARA EDIFICACIONES DE TODO TIPO
AUTOR: DR. ALBERTO BARRERA
ESTADO: COLOMBIA
CALLE: 123, 456, 789
CITY: VILLAVICENCIO
COUNTRY: COLOMBIA
----- DATA -----
----- RESULTS -----
----- COMMENTS -----

 **** SYSTEM ANALYSIS ****
 **** by JORGE ORDÓÑEZ ****

JOB DESCRIPTION :

PROJECT: HOTEL DEL LLANO
 LOCATION: VILLAVICENCIO, META
 BUILDING OWNER:
 PROGRAM USER: JORGE ORDÓÑEZ
 COMMENTS:

BUILDING DESCRIPTION :

Building Floor Area: 187,000 ft2

Alternative 1: PACKAGE TERMINAL AIR CONDITIONERS
 Building Maximum Cooling Load: 292 tons
 Building Maximum Heating Load: 1,752 mbh

Alternative 2: DIRECT FIRED ABSORPTION CHILLER
 Building Maximum Cooling Load: 276 tons
 Building Maximum Heating Load: 1,555 mbh

HVAC SYSTEM DESCRIPTION :

Alternative 1: PACKAGE TERMINAL AIR CONDITIONERS
 Pkgd. Terminal A/C (197,072 cfm)
 Light Commercial Packaged Terminal (275 tons)
 None Heating (Capacity Not Defined)

Alternative 2: DIRECT FIRED ABSORPTION CHILLER
 Fan Coil (211,149 cfm)
 Water-Cooled, Direct-Fired Absorption (288 tons)
 None Heating (Capacity Not Defined)

BUILDING ENERGY CONSUMPTION :

Alternative 1: PACKAGE TERMINAL AIR CONDITIONERS 131,654 Btu/(ft2-year)
 Alternative 2: DIRECT FIRED ABSORPTION CHILLER 175,174 Btu/(ft2-year)

LIFE CYCLE COST ANALYSIS :

Internal Rate of Return: 47.0 %
 Life Cycle Cost Difference: \$2,241,897,523
 Life Cycle Payback on Investment: 1.6 yrs
 Simple Payback on Investment: 0.8 yrs

----- W E A T H E R D A T A -----

Weather File Name: D:\CDS\SYANALYZ\WTHR\OTHER\SOAM\RIODEJAN
 Latitude: -23 deg Longitude: 43 deg
 Summer Design Dry Bulb: 95.0 deg F Summer Design Wet Bulb: 75.0 deg F
 Summer Design Humidity Ratio: 0.0161 lbm/lbm Winter Design Dry Bulb: 61.0 deg F
 Air Density: 0.0687 lbm/ft3 Specific Heat: 0.2444 Btu/(lbm-F)

----- B U I L D I N G D E S C R I P T I O N -----

Building Type: Lodging: Hotel
 Floor Area: 187,000 ft2 Orientation: 90 deg from north
 Building Width: 170 ft Building Length: 110 ft
 Flr-to-Flr Height: 12 ft No Of Floors: 10
 Building Height: 120 ft Percent Glass: 30 %

Lighting Demand: 1.6 Watt/ft2 = 299 kW Base Utility Demand: 0.00 kW
 Misc Equip Demand: 0.5 Watt/ft2 = 94 kW Domestic Hot Water Demand: 106.86 mbh

----- B U I L D I N G C O N T R O L S -----

Control Type	Alternative 1	Alternative 2
Room Cooling DB	75 deg F	75 deg F
Room Heating DB	0 deg F	0 deg F
Night Setback	0 deg F	0 deg F
Economizer Type	None	None
Ventilation Rate	11 cfm/pers	5 cfm/pers

----- A I R S I D E S Y S T E M -----

Description	Alternative 1	Alternative 2
System Type	Pkgd. Terminal A/C	Fan Coil
Supply Air Cooling DB	60 deg F	61 deg F
Supply Air Heating DB	-7 deg F	-7 deg F
Ventilation	5,877 cfm = 3.0 %	2,671 cfm = 1.3 %
Supply Fan	Forward Curved Centrifugal	Forward Curved Centrifugal
Design Airflow	197,072 cfm	211,149 cfm
Fan Static	0.3 in H2O	0.2 in H2O
Energy Rate	17.9 kW	12.8 kW

----- C O O L I N G / H E A T I N G E Q U I P M E N T -----

Description	Alternative 1	Alternative 2
Equipment Configuration	Air-Cooled	1 Chiller w/ 1 Pump
Clg Ref 1 Equip Name	Light Commercial Packaged Terminal	Direct-Fired Absorption
Cooling Capacity	275 tons	288 tons
Full Load Rate	7.000 EER	1.010 COP
100%\50% Load Points	472 kw\292 kw	3,422 mbh\1,760 mbh
Chw Pump F.L. Rate	not defined	10 hp = 9.9 kW
Cond Pump F.L. Rate	not defined	10 hp = 9.9 kW
Condenser Fan E. Rate	0.12 kW/ton = 49.1 kW	0.056 kW/ton = 32.1 kW
Auxiliary F.L. Rate	not defined	0.0215 kW/ton = 6.19 kW
Fuel Source	Elec Utility	Gas Utility
Boiler	Gas	Gas
Heating Capacity	Capacity Not Defined	Capacity Not Defined
Full Load Rate	0.00 %	0.00 %
100%\50% Load Points	0.0 mbh	0.0 mbh

----- M A X I M U M B U I L D I N G L O A D S (Btuh) -----

Load Component	Cooling Design	Percent	Heating Design	Percent
Roof Conduction	35,867	1.15	45,628	3.28
Glass Solar	947,051	30.30	0	0
Glass Conduction	195,250	6.25	641,555	46.12
Wall Conduction	289,830	9.27	401,722	28.88
Infiltration	103,419	3.31	302,199	21.72
Lights	1,021,170	32.67	0	0
People	213,714	6.84	0	0
Miscellaneous	319,116	10.21	0	0
Ventilation Alt 1	407,902	11.41	361,336	20.62
Fan Heat Alt 1	42,042	1.18	0	0
Exhaust Heat Alt 1	0	0.00	0	0.00
Reheat Alt 1	0	0	0	0.00
User Override Alt 1	0	0.00	0	0.00
Grand Totals Alt 1 ==>	3,575,360	100.00	1,752,440	100.00
Ventilation Alt 2	241,820	7.12	164,244	10.56
Fan Heat Alt 2	30,030	0.88	0	0
Exhaust Heat Alt 2	0	0.00	0	0.00
Reheat Alt 2	0	0	0	0.00
User Override Alt 2	0	0.00	0	0.00
Grand Totals Alt 2 ==>	3,397,266	100.00	1,555,347	100.00
	Alternative 1	Alternative 2		
Maximum Cooling Load	292 tons	276 tons		
Maximum Heating Load	1,752 mbh	1,555 mbh		

----- E Q U I P M E N T E N E R G Y C O N S U M P T I O N (kBtu) -----

Alternative 1 PACKAGE TERMINAL AIR CONDITIONERS										
Month	Main Clg	Aux Clg	Cond Fans	Main Htg	Aux Htg	Fan Equip	Lights	BaseUtil & Dhwh	Misc Equip	Bldg Total
Jan	906,181	0	96,501	0	0	45,488	759,750	79,502	237,422	2,124,845
Feb	839,515	0	89,610	0	0	41,086	686,226	71,808	214,446	1,942,691
Mar	930,600	0	99,380	0	0	45,488	759,750	79,502	237,422	2,152,142
Apr	870,822	0	93,155	0	0	44,021	735,242	76,937	229,763	2,049,941
May	820,779	0	86,985	0	0	45,488	759,750	79,502	237,422	2,029,927
Jun	765,190	0	80,491	0	0	44,021	735,242	76,937	229,763	1,931,644
Jul	790,389	0	83,126	0	0	45,488	759,750	79,502	237,422	1,995,676
Aug	825,401	0	87,625	0	0	45,488	759,750	79,502	237,422	2,035,188
Sep	842,800	0	90,573	0	0	44,021	735,242	76,937	229,763	2,019,336
Oct	881,845	0	94,404	0	0	45,488	759,750	79,502	237,422	2,098,411
Nov	928,306	0	100,340	0	0	44,021	735,242	76,937	229,763	2,114,610
Dec	906,167	0	96,499	0	0	45,488	759,750	79,502	237,422	2,124,828
Total	10,307,995	0	1,098,689	0	0	535,587	8,945,446	936,069	2,795,452	24,619,237

Alternative 2 DIRECT FIRED ABSORPTION CHILLER										
Month	Main Clg	Aux Clg	Clg Twr	Main Htg	Aux Htg	Fan Equip	Lights	BaseUtil & Dhwh	Misc Equip	Bldg Total
Jan	1,614,655	66,215	56,562	0	0	32,492	759,750	79,502	237,422	2,846,598
Feb	1,503,569	59,807	52,378	0	0	29,347	686,226	71,808	214,446	2,617,580
Mar	1,667,638	66,215	58,037	0	0	32,492	759,750	79,502	237,422	2,901,056
Apr	1,553,863	64,079	54,531	0	0	31,443	735,242	76,937	229,763	2,745,858
May	1,432,009	66,215	51,640	0	0	32,492	759,750	79,502	237,422	2,659,030
Jun	1,323,282	64,079	48,107	0	0	31,443	735,242	76,937	229,763	2,508,853
Jul	1,366,463	66,215	49,697	0	0	32,492	759,750	79,502	237,422	2,591,540
Aug	1,440,585	66,215	52,056	0	0	32,492	759,750	79,502	237,422	2,668,021
Sep	1,499,673	64,079	53,062	0	0	31,443	735,242	76,937	229,763	2,690,201
Oct	1,566,338	66,215	55,442	0	0	32,492	759,750	79,502	237,422	2,797,160
Nov	1,689,771	64,079	57,886	0	0	31,443	735,242	76,937	229,763	2,885,122
Dec	1,614,603	66,215	56,562	0	0	32,492	759,750	79,502	237,422	2,846,545
Total	18,272,447	779,629	645,959	0	0	382,562	8,945,446	936,069	2,795,452	32,757,564

----- U T I L I T Y R A T E S -----

User Defined

Summer Rate Period: Jan through Dec

Utility Type	-----Summer Period-----		-----Winter Period-----	
	-----On Peak-----	-----Off Peak-----	-----On Peak-----	-----Off Peak-----
Electric Consumption	\$ 154.530 /kwh	\$ 154.530 /kwh	\$ 154.530 /kwh	\$ 154.530 /kwh
Electric Demand	\$ 0.000 /kw	\$ 0.000 /kw	\$ 0.000 /kw	\$ 0.000 /kw
Gas Consumption	\$ 210.660 /therm	\$ 210.660 /therm	\$ 210.660 /therm	\$ 210.660 /therm

----- E C O N O M I C P A R A M E T E R S -----

Study Life	20	yrs	Percent Financed	0	(%)
Depreciation Life	10	yrs	Deprec. Tax Method	ACRS	
Finance Term	10	yrs	Deprec. Book Method	ACRS	
Annual Interest Rate	40	(%)	Income Tax Rate	0	(%)
Cost Of Capital	40	(%)	Inflation (Maint, Elec, Gas)	5 / 25 / 17	(%)

Alt #	----- First Cost -----			----- Annual Cost -----			TOTAL (PESOS)
	Initial (PESOS)	Other (\$/ton)	Total (PESOS)	Maint. (\$/ton)	Rev. Penalty (\$/ft2)	Total (PESOS)	
1	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0
2	338,000,000	0.00	338,000,000	0.00	0.00	0	338,000,000

-----Y E A R L Y C A S H F L O W-----

Alternative 1 PACKAGE TERMINAL AIR CONDITIONERS

Year	Utility	Maint.	Interest	Principal	---- Depreciation ----		Cash	Present
	Cost	Cost	Cost	Cost	Tax	Book	Flow	Value
	(PESOS)	(PESOS)	(PESOS)	(PESOS)	(PESOS)	(PESOS)	(PESOS)	(PESOS)
1	1,074,586,242	0	0	0	0	0	1,074,586,242	767,561,601
2	1,343,075,048	0	0	0	0	0	1,343,075,048	685,242,372
3	1,678,659,238	0	0	0	0	0	1,678,659,238	611,756,282
4	2,098,108,099	0	0	0	0	0	2,098,108,099	546,154,753
5	2,622,382,463	0	0	0	0	0	2,622,382,463	487,591,194
6	3,277,682,466	0	0	0	0	0	3,277,682,466	435,310,020
7	4,096,757,216	0	0	0	0	0	4,096,757,216	388,636,850
8	5,120,541,855	0	0	0	0	0	5,120,541,855	346,969,767
9	6,400,203,862	0	0	0	0	0	6,400,203,862	309,771,520
10	7,999,700,882	0	0	0	0	0	7,999,700,882	276,562,563
11	9,998,977,987	0	0	0	0	0	9,998,977,987	246,914,856
12	12,497,964,189	0	0	0	0	0	12,497,964,189	220,446,317
13	15,621,568,030	0	0	0	0	0	15,621,568,030	196,815,891
14	19,525,922,008	0	0	0	0	0	19,525,922,008	175,719,133
15	24,406,188,014	0	0	0	0	0	24,406,188,014	156,884,276
16	30,506,314,058	0	0	0	0	0	30,506,314,058	140,068,722
17	38,131,230,049	0	0	0	0	0	38,131,230,049	125,055,906
18	47,662,092,409	0	0	0	0	0	47,662,092,409	111,652,503
19	59,575,339,684	0	0	0	0	0	59,575,339,684	99,685,926
20	74,466,511,886	0	0	0	0	0	74,466,511,886	89,002,109

-----Y E A R L Y C A S H F L O W-----

Alternative 2 DIRECT FIRED ABSORPTION CHILLER

Year	Utility	Maint.	Interest	Principal	---- Depreciation ----		Cash	Present
	Cost	Cost	Cost	Cost	Tax	Book	Flow	Value
	(PESOS)	(PESOS)	(PESOS)	(PESOS)	(PESOS)	(PESOS)	(PESOS)	(PESOS)
1	654,103,112	0	0	0	29,744,000	29,744,000	654,103,112	467,216,509
2	814,391,718	0	0	0	28,392,000	28,392,000	814,391,718	415,505,978
3	1,014,202,155	0	0	0	25,688,000	25,688,000	1,014,202,155	369,607,199
4	1,263,321,328	0	0	0	23,322,000	23,322,000	1,263,321,328	328,852,907
5	1,573,966,961	0	0	0	21,294,000	21,294,000	1,573,966,961	292,654,653
6	1,961,392,605	0	0	0	19,266,000	19,266,000	1,961,392,605	260,493,157
7	2,444,643,423	0	0	0	17,576,000	17,576,000	2,444,643,423	231,909,891
8	3,047,500,399	0	0	0	15,886,000	15,886,000	3,047,500,399	206,499,729
9	3,799,659,960	0	0	0	14,196,000	14,196,000	3,799,659,960	183,904,523
10	4,738,207,769	0	0	0	14,196,000	14,196,000	4,738,207,769	163,807,485
11	5,909,460,109	0	0	0	14,196,000	14,196,000	5,909,460,109	145,928,263
12	7,371,264,603	0	0	0	14,196,000	14,196,000	7,371,264,603	130,018,626
13	9,195,874,928	0	0	0	14,196,000	14,196,000	9,195,874,928	115,858,684
14	11,473,542,845	0	0	0	14,196,000	14,196,000	11,473,542,845	103,253,562
15	14,317,006,603	0	0	0	14,196,000	14,196,000	14,317,006,603	92,030,481
16	17,867,099,568	0	0	0	14,196,000	14,196,000	17,867,099,568	82,036,191
17	22,299,758,798	0	0	0	14,196,000	14,196,000	22,299,758,798	73,134,713
18	27,834,783,172	0	0	0	14,196,000	14,196,000	27,834,783,172	65,205,345
19	34,746,778,035	0	0	0	14,196,000	14,196,000	34,746,778,035	58,140,915
20	43,378,832,456	0	0	0	676,000	676,000	43,378,832,456	51,846,226

-----ALTERNATIVE COMPARISON-----

First Cost Difference... Alternative 2 - Alternative 1	\$338,000,000
Net Present Value of Incremental Cash Flows	\$2,241,897,523
Life Cycle Cost Difference	\$2,241,897,523
Simple Payback on Investment	0.8 yrs
Life Cycle Payback on Investment	1.6 yrs
Internal Rate of Return	47.0 %

Year	Cash Flow Difference (PESOS)	Cummulative Cash Flow (PESOS)	Present Value Cummulative Cash Flow (PESOS)	Discounted Cash Flow to Equal First Cost Difference (PESOS)
1	420,483,129	420,483,129	214,532,209	286,042,945
2	528,683,331	949,166,460	429,064,418	244,658,860
3	664,457,084	1,613,623,544	621,733,270	209,177,482
4	834,786,771	2,448,410,315	794,696,901	178,774,766
5	1,048,415,502	3,496,825,817	949,912,505	152,737,881
6	1,316,289,861	4,813,115,677	1,089,152,891	130,451,035
7	1,652,113,792	6,465,229,470	1,214,022,079	111,382,924
8	2,073,041,456	8,538,270,926	1,325,969,907	95,075,651
9	2,600,543,902	11,138,814,827	1,426,305,649	81,134,988
10	3,261,493,113	14,400,307,941	1,516,210,646	69,221,837
11	4,089,517,878	18,489,825,819	1,596,749,987	59,044,769
12	5,126,699,586	23,616,525,405	1,668,883,268	50,353,522
13	6,425,693,102	30,042,218,507	1,733,474,476	42,933,335
14	8,052,379,162	38,094,597,669	1,791,301,052	36,600,037
15	10,089,181,411	48,183,779,080	1,843,062,174	31,195,784
16	12,639,214,489	60,822,993,569	1,889,386,313	26,585,371
17	15,831,471,251	76,654,464,820	1,930,838,121	22,653,045
18	19,827,309,237	96,481,774,057	1,967,924,688	19,299,753
19	24,828,561,648	121,310,335,705	2,001,101,229	16,440,772
20	31,087,679,430	152,398,015,136	2,030,776,237	14,003,662

-----ECONOMIC SUMMARY-----

Alt #	Installed Cost (PESOS)	First Year Util. Cost (PESOS)	Final Year Util. Cost (PESOS)	First Year Annual Cost (PESOS)	Final Year Annual Cost (PESOS)	Life Cycle Cost (PESOS)
1	0	1,074,586,242	74,466,511,886	0	0	6,417,802,561
2	338,000,000	654,103,112	43,378,832,456	0	0	4,175,905,038

EARTH COUPLED ANALYSIS PROGRAM (ANÁLISIS DE SISTEMAS ACOPLADOS POR TIERRA)

Este programa calcula el rendimiento de sistemas residenciales y comerciales de aire acondicionado acoplados por tierra. Los parámetros de una unidad típica usada en una residencia típica son simulados, y el sistema de transferencia de calor (una red de tubería inmersa en el suelo) es descrita en detalle. El programa calcula el uso de energía para un tamaño de unidad específica.

en combinación con el System Analyzer se comparan las dos alternativas de un sistema convencional con uno acoplado por tierra para obtener los ahorros de energía y retorno a la inversión.

ANEXO 04

EARTH COUPLED ANALYSIS PROGRAM (ANÁLISIS DE SISTEMAS ACOPLADOS POR TIERRA)

Este programa calcula el rendimiento de sistemas residenciales y comerciales de aire acondicionado acoplados por tierra. Los parámetros de una unidad típica usada en una residencia típica son simulados, y el sistema de transferencia de calor (una red de tubería inmersa en el suelo) es descrita en detalle. El programa calcula el uso de energía para un tamaño de unidad específica.

en combinación con el System Analyzer se comparan las dos alternativas de un sistema convencional con uno acoplado por tierra para obtener los ahorros de energía y retorno a la inversión.

HEAT PUMP NUMBER & DESCRIPTION: 1 - FHP SUPER EFFICIENCY SE022
 DEALER PRICE: \$0.00
 RETAIL PRICE: \$0.00

	MINIMUM	MAXIMUM
WATER FLOW RATE (GPM):	2.5	6.1
AIR FLOW RATE (CFM):	670	900

	ADJUSTED	RATED
ANTIFREEZE PERCENTAGE:	0	0
MINIMUM ENTERING WATER TEMPERATURE:	70.0	70.0
MAXIMUM ENTERING WATER TEMPERATURE:	85.0	75.0
WATER FLOW RATE:	5.4	5.4
AIR FLOW RATE:	750	750
COEFFICIENT OF PERFORMANCE (COP):	4.8	4.8
ENERGY EFFICIENCY RATIO (EER):	13.2	13.2
TOTAL COOLING CAPACITY (BTUH):	21400	21400
SENSIBLE COOLING CAPACITY (BTUH):	16692	16692
HEAT OF REJECTION (BTUH):	26929	26929
COOLING INPUT POWER (WATTS):	1620	1620
LEAVING WATER TEMPERATURE (F):	94.90	94.90
TOTAL HEATING CAPACITY (BTUH):	26000	26000
HEAT OF ABSORPTION (BTUH):	20692	20692
HEATING INPUT POWER (WATTS):	1555	1555
LEAVING WATER TEMPERATURE (F):	62.30	62.30
PRESSURE DROP THROUGH PUMP (FT):	6.10	6.10

HEAT PUMP NUMBER & DESCRIPTION: 2 - FHP SUPER EFFICIENCY SE026
 DEALER PRICE: \$0.00
 RETAIL PRICE: \$0.00

	MINIMUM	MAXIMUM
WATER FLOW RATE (GPM):	3.8	8.3
AIR FLOW RATE (CFM):	780	1,030

	ADJUSTED	RATED
ANTIFREEZE PERCENTAGE:	0	0
MINIMUM ENTERING WATER TEMPERATURE:	70.0	70.0
MAXIMUM ENTERING WATER TEMPERATURE:	85.0	75.0
WATER FLOW RATE:	6.3	6.3
AIR FLOW RATE:	900	900
COEFFICIENT OF PERFORMANCE (COP):	4.3	4.3
ENERGY EFFICIENCY RATIO (EER):	12.7	12.7
TOTAL COOLING CAPACITY (BTUH):	25000	25000
SENSIBLE COOLING CAPACITY (BTUH):	19500	19500
HEAT OF REJECTION (BTUH):	31672	31672
COOLING INPUT POWER (WATTS):	1955	1955
LEAVING WATER TEMPERATURE (F):	95.00	95.00
TOTAL HEATING CAPACITY (BTUH):	31000	31000
HEAT OF ABSORPTION (BTUH):	23952	23952
HEATING INPUT POWER (WATTS):	2065	2065
LEAVING WATER TEMPERATURE (F):	62.30	62.30
PRESSURE DROP THROUGH PUMP (FT):	11.70	11.70

HEAT PUMP NUMBER & DESCRIPTION: 3 - FHP SUPER EFFICIENCY SE032
 DEALER PRICE: \$0.00
 RETAIL PRICE: \$0.00

	MINIMUM	MAXIMUM
WATER FLOW RATE (GPM):	4.6	10.6
AIR FLOW RATE (CFM):	800	1,390
	ADJUSTED	RATED
ANTIFREEZE PERCENTAGE:	0	0
MINIMUM ENTERING WATER TEMPERATURE:	70.0	70.0
MAXIMUM ENTERING WATER TEMPERATURE:	85.0	75.0
WATER FLOW RATE:	8.1	8.1
AIR FLOW RATE:	1,100	1,100
COEFFICIENT OF PERFORMANCE (COP):	4.3	4.3
ENERGY EFFICIENCY RATIO (EER):	13.1	13.1
TOTAL COOLING CAPACITY (BTUH):	32000	32000
SENSIBLE COOLING CAPACITY (BTUH):	24960	24960
HEAT OF REJECTION (BTUH):	40327	40327
COOLING INPUT POWER (WATTS):	2440	2440
LEAVING WATER TEMPERATURE (F):	94.90	94.90
TOTAL HEATING CAPACITY (BTUH):	40000	40000
HEAT OF ABSORPTION (BTUH):	30904	30904
HEATING INPUT POWER (WATTS):	2665	2665
LEAVING WATER TEMPERATURE (F):	62.30	62.30
PRESSURE DROP THROUGH PUMP (FT):	9.70	9.70

HEAT PUMP NUMBER & DESCRIPTION: 4 - FHP SUPER EFFICIENCY SE038
 DEALER PRICE: \$0.00
 RETAIL PRICE: \$0.00

	MINIMUM	MAXIMUM
WATER FLOW RATE (GPM):	4.5	11.6
AIR FLOW RATE (CFM):	1,200	1,670
	ADJUSTED	RATED
ANTIFREEZE PERCENTAGE:	0	0
MINIMUM ENTERING WATER TEMPERATURE:	70.0	70.0
MAXIMUM ENTERING WATER TEMPERATURE:	85.0	75.0
WATER FLOW RATE:	9.8	9.8
AIR FLOW RATE:	1,350	1,350
COEFFICIENT OF PERFORMANCE (COP):	4.6	4.6
ENERGY EFFICIENCY RATIO (EER):	12.7	12.7
TOTAL COOLING CAPACITY (BTUH):	38500	38500
SENSIBLE COOLING CAPACITY (BTUH):	30030	30030
HEAT OF REJECTION (BTUH):	48773	48773
COOLING INPUT POWER (WATTS):	3010	3010
LEAVING WATER TEMPERATURE (F):	94.90	94.90
TOTAL HEATING CAPACITY (BTUH):	47500	47500
HEAT OF ABSORPTION (BTUH):	37175	37175
HEATING INPUT POWER (WATTS):	3025	3025
LEAVING WATER TEMPERATURE (F):	62.40	62.40
PRESSURE DROP THROUGH PUMP (FT):	16.40	16.40

HEAT PUMP NUMBER & DESCRIPTION: 5 - FHP SUPER EFFICIENCY SE046
 DEALER PRICE: \$0.00
 RETAIL PRICE: \$0.00

	MINIMUM	MAXIMUM
WATER FLOW RATE (GPM):	6.2	14.2
AIR FLOW RATE (CFM):	1,200	1,740

	ADJUSTED	RATED
ANTIFREEZE PERCENTAGE:	0	0
MINIMUM ENTERING WATER TEMPERATURE:	70.0	70.0
MAXIMUM ENTERING WATER TEMPERATURE:	85.0	75.0
WATER FLOW RATE:	11.3	11.3
AIR FLOW RATE:	1,600	1,600
COEFFICIENT OF PERFORMANCE (COP):	4.7	4.7
ENERGY EFFICIENCY RATIO (EER):	13.1	13.1
TOTAL COOLING CAPACITY (BTUH):	45000	45000
SENSIBLE COOLING CAPACITY (BTUH):	35100	35100
HEAT OF REJECTION (BTUH):	56723	56723
COOLING INPUT POWER (WATTS):	3435	3435
LEAVING WATER TEMPERATURE (F):	95.00	95.00
TOTAL HEATING CAPACITY (BTUH):	60000	60000
HEAT OF ABSORPTION (BTUH):	47235	47235
HEATING INPUT POWER (WATTS):	3740	3740
LEAVING WATER TEMPERATURE (F):	61.60	61.60
PRESSURE DROP THROUGH PUMP (FT):	10.20	10.20

HEAT PUMP NUMBER & DESCRIPTION: 6 - FHP SUPER EFFICIENCY SE053
 DEALER PRICE: \$0.00
 RETAIL PRICE: \$0.00

	MINIMUM	MAXIMUM
WATER FLOW RATE (GPM):	6.6	16.6
AIR FLOW RATE (CFM):	1,550	1,990

	ADJUSTED	RATED
ANTIFREEZE PERCENTAGE:	0	0
MINIMUM ENTERING WATER TEMPERATURE:	70.0	70.0
MAXIMUM ENTERING WATER TEMPERATURE:	85.0	75.0
WATER FLOW RATE:	13.2	13.2
AIR FLOW RATE:	1,800	1,800
COEFFICIENT OF PERFORMANCE (COP):	4.6	4.6
ENERGY EFFICIENCY RATIO (EER):	13.1	13.1
TOTAL COOLING CAPACITY (BTUH):	52500	52500
SENSIBLE COOLING CAPACITY (BTUH):	40950	40950
HEAT OF REJECTION (BTUH):	66152	66152
COOLING INPUT POWER (WATTS):	4000	4000
LEAVING WATER TEMPERATURE (F):	95.00	95.00
TOTAL HEATING CAPACITY (BTUH):	70500	70500
HEAT OF ABSORPTION (BTUH):	55175	55175
HEATING INPUT POWER (WATTS):	4490	4490
LEAVING WATER TEMPERATURE (F):	61.60	61.60
PRESSURE DROP THROUGH PUMP (FT):	13.20	13.20

HEAT PUMP NUMBER & DESCRIPTION:		7 - FHP SUPER EFFICIENCY	SE063
DEALER PRICE:	\$0.00		
RETAIL PRICE:	\$0.00		
		MINIMUM	MAXIMUM
WATER FLOW RATE (GPM):		7.9	19.7
AIR FLOW RATE (CFM):		1,500	2,160
		ADJUSTED	RATED
ANTIFREEZE PERCENTAGE:		0	0
MINIMUM ENTERING WATER TEMPERATURE:		70.0	70.0
MAXIMUM ENTERING WATER TEMPERATURE:		85.0	75.0
WATER FLOW RATE:		15.8	15.8
AIR FLOW RATE:		2,000	2,000
COEFFICIENT OF PERFORMANCE (COP):		4.3	4.3
ENERGY EFFICIENCY RATIO (EER):		12.5	12.5
TOTAL COOLING CAPACITY (BTUH):		62000	62000
SENSIBLE COOLING CAPACITY (BTUH):		48360	48360
HEAT OF REJECTION (BTUH):		78928	78928
COOLING INPUT POWER (WATTS):		4960	4960
LEAVING WATER TEMPERATURE (F):		94.90	94.90
TOTAL HEATING CAPACITY (BTUH):		86000	86000
HEAT OF ABSORPTION (BTUH):		66443	66443
HEATING INPUT POWER (WATTS):		5730	5730
LEAVING WATER TEMPERATURE (F):		61.50	61.50
PRESSURE DROP THROUGH PUMP (FT):		9.20	9.20

HEAT PUMP NUMBER & DESCRIPTION:		8 - FHP HIGH EFFICIENCY	HE007
DEALER PRICE:	\$0.00		
RETAIL PRICE:	\$0.00		
		MINIMUM	MAXIMUM
WATER FLOW RATE (GPM):		0.9	2.1
AIR FLOW RATE (CFM):		175	340
		ADJUSTED	RATED
ANTIFREEZE PERCENTAGE:		0	0
MINIMUM ENTERING WATER TEMPERATURE:		70.0	70.0
MAXIMUM ENTERING WATER TEMPERATURE:		85.0	75.0
WATER FLOW RATE:		1.9	1.9
AIR FLOW RATE:		300	300
COEFFICIENT OF PERFORMANCE (COP):		4.5	4.5
ENERGY EFFICIENCY RATIO (EER):		12.0	12.0
TOTAL COOLING CAPACITY (BTUH):		7500	7500
SENSIBLE COOLING CAPACITY (BTUH):		5850	5850
HEAT OF REJECTION (BTUH):		9633	9633
COOLING INPUT POWER (WATTS):		625	625
LEAVING WATER TEMPERATURE (F):		95.10	95.10
TOTAL HEATING CAPACITY (BTUH):		10000	10000
HEAT OF ABSORPTION (BTUH):		7781	7781
HEATING INPUT POWER (WATTS):		650	650
LEAVING WATER TEMPERATURE (F):		61.80	61.80
PRESSURE DROP THROUGH PUMP (FT):		5.30	5.30

PIPE MATERIAL NO. & DESCRIPTION	Kp	PIPE MATERIAL AND SIZE DATA								
		C	NOMINAL PIPE SIZE (INCHES)							
		0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	2.00	2.50	3.00	
	VAL	-OD.-	-OD.-	-OD.-	-OD.-	-OD.-	-OD.-	-OD.-	-OD.-	
	MULT	-ID.-	-ID.-	-ID.-	-ID.-	-ID.-	-ID.-	-ID.-	-ID.-	
1. SDR 11 IPS	0.226	150	0.000	1.050	1.315	1.660	1.900	2.375	0.000	0.000
		1.51	0.000	0.860	1.077	1.358	1.554	1.943	0.000	0.000
2. SCH 40 IPS	0.300	155	0.000	1.050	1.315	1.660	1.900	2.375	0.000	0.000
		1.51	0.000	0.824	1.049	1.380	1.610	2.067	0.000	0.000
3. PB/SDR-17,IPS	0.125	150	0.000	0.000	1.125	1.375	1.900	2.375	0.000	0.000
		1.51	0.000	0.000	0.957	1.171	1.676	2.095	0.000	0.000
4. PB/SDR13.5.CTS	0.125	150	0.000	0.000	1.125	1.375	1.625	2.125	0.000	0.000
		1.51	0.000	0.000	0.957	1.171	1.385	1.811	0.000	0.000
5. SDR 13.5 Cts	0.125	150	0.000	0.000	1.125	1.375	1.625	2.125	0.000	0.000
		1.51	0.000	0.000	0.957	1.171	1.385	1.811	0.000	0.000
6. IRON	0.500	150	0.000	1.050	1.315	1.660	1.900	2.375	0.000	0.000
		1.51	0.000	0.860	1.077	1.358	1.554	1.943	0.000	0.000
7. COPPER	0.750	150	0.000	0.000	1.125	1.375	1.900	0.000	0.000	0.000
		1.51	0.000	0.000	0.957	1.171	1.676	0.000	0.000	0.000

FITTING EQUIVALENT LENGTHS

PIPE FITTING NUMBER & DESCRIPTION	NOMINAL PIPE SIZE							
	0.50 FT	0.75 FT	1.00 FT	1.25 FT	1.50 FT	2.00 FT	2.50 FT	3.00 FT
1. Regular 90^ Elbow	1.3	1.9	2.5	3.1	3.8	5.0	6.3	7.5
2. Straight Ser. Sad	1.3	1.9	2.5	3.1	3.8	5.0	6.3	7.5
3. U-bend	2.5	3.8	5.0	6.3	7.5	10.0	12.5	15.0
4. Reducer	10.0	15.0	20.0	27.0	35.0	45.0	0.0	65.0
5. WRV w/o bypass	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
6. WRV w/ bypass	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
7. Tee, side outlet	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	12.0	15.0	16.0
8. Tee, branch - run	2.0	3.1	4.2	5.2	6.3	8.3	10.4	12.5

PIPE FITTING NUMBER & DESCRIPTION	FITTING LABOR COSTS							
	NOMINAL PIPE SIZE							
	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	2.00	2.50	3.00
	—\$—	—\$—	—\$—	—\$—	—\$—	—\$—	—\$—	—\$—
1. Regular 90^ Elbow	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
2. Straight Ser. Sad	0.3	0.5	0.7	1.0	1.4	1.9	2.4	3.0
3. U-bend	1.0	1.5	1.5	2.2	3.0	3.4	3.8	4.1
4. Reducer	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
5. WRV w/o bypass	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
6. WRV w/ bypass	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
7. Tee, side outlet	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
8. Tee, branch - run	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1

OIL NUMBER & DESCRIPTION	THERMAL CONDUCTIVITY BTU/H-FT-DEG.F	THERMAL DIFFUSIVITY FT^2/HR	SOIL DENSITY LB/FT^3	SPECIFIC HEAT BTU/LB-DEG.F
1. Dense Rock	2.00	0.050	200.0	0.20
2. Average Rock	1.40	0.040	175.0	0.20
3. Dense Concrete	1.00	0.033	150.0	0.20
4. Heavy Soil, Damp	0.75	0.025	131.0	0.23
5. Heavy Soil, Dry	0.50	0.020	125.0	0.20
6. Light Soil, Damp	0.50	0.020	100.0	0.25
7. Light Soil, Dry	0.20	0.011	90.0	0.20
8. Medium Soil, Dry	0.55	0.015	95.0	0.25
9. Wet-Soil	1.40	0.035	117.0	0.30
0. Wet-Saturated	1.40	0.040	117.0	0.30

 SYSTEM ANALYSIS
 by JORGE ORDOÑEZ

JOB DESCRIPTION :

PROJECT: UNIDAD TIPICA DE 5 TR
 LOCATION: VILLAVICENCIO
 BUILDING OWNER:
 PROGRAM USER: JORGE ORDOÑEZ
 COMMENTS:

BUILDING DESCRIPTION :

Building Floor Area: 1,050 ft2
 Alternative 1: UNIDADES PAQUETE STANDARD
 Building Maximum Cooling Load: 5.0 tons
 Building Maximum Heating Load: 34 mbh
 Alternative 2: BOMBAS DE CALOR ACOPLADAS POR TIERRA
 Building Maximum Cooling Load: 5.0 tons
 Building Maximum Heating Load: 32 mbh

HVAC SYSTEM DESCRIPTION :

Alternative 1: UNIDADES PAQUETE STANDARD
 Pkgd. Terminal A/C (4,170 cfm)
 Light Commercial Packaged Terminal (5.0 tons)
 None Heating (60 mbh)
 Alternative 2: BOMBAS DE CALOR ACOPLADAS POR TIERRA
 Heat Pump (1,809 cfm)
 High Efficiency Water Source HP (5.0 tons)
 None Heating (60 mbh)

BUILDING ENERGY CONSUMPTION :

Alternative 1: UNIDADES PAQUETE STANDARD 53,922 Btu/(ft2-year)
 Alternative 2: BOMBAS DE CALOR ACOPLADAS POR TIERRA 31,791 Btu/(ft2-year)

LIFE CYCLE COST ANALYSIS :

Internal Rate of Return: 34.0 %
 Life Cycle Cost Difference: \$1,288,906
 Life Cycle Payback on Investment: 20.5 yrs
 Simple Payback on Investment: 4.8 yrs

TIME PRINTED: 10:22 PM 24 Jul 96
 DATASET NAME: D:\CDS\SYANALYZ\DATA\VILLAVO2.AZR

----- WEATHER DATA -----

Weather File Name: D:\CDS\SYANALYZ\WTHR\OTHER\SOAM\RIODEJAN
 Latitude: -23 deg Longitude: 43 deg
 Summer Design Dry Bulb: 95.0 deg F Summer Design Wet Bulb: 75.0 deg F
 Summer Design Humidity Ratio: 0.0161 lbm/lbm Winter Design Dry Bulb: 61.0 deg F
 Air Density: 0.0687 lbm/ft³ Specific Heat: 0.2444 Btu/(lbm-F)

----- BUILDING DESCRIPTION -----

Building Type: Lodging: apartamento
 Floor Area: 1,050 ft² Orientation: 90 deg from north
 Building Width: 30 ft Building Length: 35 ft
 Flr-to-Flr Height: 12 ft No Of Floors: 1
 Building Height: 12 ft Percent Glass: 30 %
 Lighting Demand: 1.5 Watt/ft² = 2 kW Base Utility Demand: 0.00 kW
 Misc Equip Demand: 0.5 Watt/ft² = 1 kW Domestic Hot Water Demand: 0.00 mbh

----- BUILDING CONTROLS -----

Control Type	Alternative 1	Alternative 2
Room Cooling DB	75 deg F	78 deg F
Room Heating DB	0 deg F	0 deg F
Night Setback	0 deg F	0 deg F
Economizer Type	None	None
Ventilation Rate	11 cfm/pers	0 cfm/pers
Duty Cycle Length	none	10 min/hr

----- AIRSIDE SYSTEM -----

Description	Alternative 1	Alternative 2
System Type	Pkgd. Terminal A/C	Heat Pump
Supply Air Cooling DB	65 deg F	55 deg F
Supply Air Heating DB	-8 deg F	-17 deg F
Ventilation	33.000 cfm = 0.8 %	0.000 cfm = 0.0 %
Supply Fan	Forward Curved Centrifugal	BI w/ Inlet Vanes (nested) Centrifugal
Design Airflow	4,170 cfm	1,809 cfm
Fan Static	0.4 in H ₂ O	0.2 in H ₂ O
Energy Rate	0.5 kW	0.1 kW

----- COOLING/HEATING EQUIPMENT -----

Description	Alternative 1	Alternative 2
Equipment Configuration	Air-Cooled	Water-Cooled
Clg Ref 1 Equip Name	Light Commercial Packaged Terminal	High Efficiency Water Source HP
Cooling Capacity	5.0 tons	5.0 tons
Full Load Rate	7.000 EER	12.500 EER
100%/50% Load Points	8.6 kw\5.3 kw	4.8 kw\4.8 kw
Cond Pump F.L. Rate	not defined	0.125 hp = 0.1 kW
Condenser Fan E. Rate	0.12 kW/ton = 0.9 kW	0.066 kW/ton = 0.4 kW
Fuel Source	Elec Utility	Elec Utility
Boiler	Gas	Gas
Heating Capacity	60 mbh	60 mbh
Full Load Rate	0.00 %	0.00 %
100%/50% Load Points	0.0 mbh	0.0 mbh

----- MAXIMUM BUILDING LOADS (Btuh) -----

Load Component	Cooling Design	Percent	Heating Design	Percent
Roof Conduction	2,014	4.64	2,562	8.10
Glass Solar	20,578	47.41	0	0
Glass Conduction	4,533	10.44	14,893	47.10
Wall Conduction	6,355	14.64	9,326	29.49
Infiltration	1,560	3.59	4,840	15.31
Lights	5,375	12.38	0	0
People	1,200	2.76	0	0
Miscellaneous	1,792	4.13	0	0
Ventilation Alt 1	3,366	5.48	2,029	6.03
Fan Heat Alt 1	1,186	1.93	0	0
Exhaust Heat Alt 1	0	0.00	0	0.00
Reheat Alt 1	0	0	0	0.00
User Override Alt 1	13,423	21.87	0	0.00
Grand Totals Alt 1 ==>	61,381	100.00	33,650	100.00
Ventilation Alt 2	1,560	2.53	0	0.00
Fan Heat Alt 2	193	0.31	0	0
Exhaust Heat Alt 2	0	0.00	0	0.00
Reheat Alt 2	0	0	0	0.00
User Override Alt 2	16,401	26.64	0	0.00
Grand Totals Alt 2 ==>	61,560	100.00	31,621	100.00

	Alternative 1	Alternative 2
Maximum Cooling Load	5 tons	5 tons
Maximum Heating Load	34 mbh	32 mbh

----- EQUIPMENT ENERGY CONSUMPTION (kBtu) -----

Alternative 1 UNIDADES PAQUETE STANDARD

Month	Main Clg	Aux Clg	Cond Fans	Main Htg	Aux Htg	Fan Equip	BaseUtil Lights	Misc & Dhwh	Bldg Equip	Total
Jan	3,181	0	315	0	0	259	968	0	323	5,046
Feb	2,964	0	294	0	0	234	874	0	291	4,658
Mar	3,283	0	326	0	0	259	968	0	323	5,159
Apr	2,993	0	296	0	0	251	937	0	312	4,790
May	2,687	0	261	0	0	259	968	0	323	4,498
Jun	2,464	0	236	0	0	251	937	0	312	4,201
Jul	2,546	0	244	0	0	259	968	0	323	4,340
Aug	2,702	0	263	0	0	259	968	0	323	4,515
Sep	2,783	0	274	0	0	251	937	0	312	4,558
Oct	2,979	0	294	0	0	259	968	0	323	4,823
Nov	3,169	0	316	0	0	251	937	0	312	4,985
Dec	3,181	0	315	0	0	259	968	0	323	5,046
Total	34,932	0	3,434	0	0	3,055	11,398	0	3,799	56,619

Alternative 2 BOMBAS DE CALOR ACOPLADAS POR TIERRA

Month	Main Clg	Aux Clg	Clg Twr	Main Htg	Aux Htg	Fan Equip	BaseUtil Lights	Misc & Dhwh	Bldg Equip	Total
Jan	1,486	59	116	0	0	38	968	0	323	2,989
Feb	1,404	53	123	0	0	35	874	0	291	2,781
Mar	1,554	59	136	0	0	38	968	0	323	3,079
Apr	1,373	56	120	0	0	36	937	0	312	2,835
May	1,143	55	100	0	0	36	968	0	323	2,625
Jun	1,016	53	89	0	0	34	937	0	312	2,441
Jul	1,050	54	92	0	0	35	968	0	323	2,522
Aug	1,154	55	101	0	0	36	968	0	323	2,637
Sep	1,224	54	107	0	0	35	937	0	312	2,671
Oct	1,341	57	117	0	0	37	968	0	323	2,843

Nov	1,482	57	130	0	0	37	937	0	312	2,955
Dec	1,486	59	130	0	0	38	968	0	323	3,003
Total	15,714	672	1,361	0	0	436	11,398	0	3,799	33,381

System Analyzer D:\CDS\SYANALYZ\DATA\VILLAVO2.AZR V 01.21.94
 Alt 1: UNIDADES PAQUETE STANDARD Alt 2: BOMBAS DE CALOR ACOPLADAS POR TIERRA
 By: JORGE ORDOÑEZ 24 Jul 96

-----UTILITY RATES-----

User Defined	Summer Rate Period: Jan through Dec			
	-----Summer Period-----		-----Winter Period-----	
Utility Type	---On Peak---	---Off Peak---	---On Peak---	---Off Peak---
Electric Consumption	\$ 154.530 /kwh	\$ 154.530 /kwh	\$ 154.530 /kwh	\$ 154.530 /kwh
Electric Demand	\$ 0.000 /kw	\$ 0.000 /kw	\$ 0.000 /kw	\$ 0.000 /kw
Gas Consumption	\$ 210.660 /therm	\$ 210.660 /therm	\$ 210.660 /therm	\$ 210.660 /therm

-----ECONOMIC PARAMETERS-----

Study Life	20 yrs	Percent Financed	0 (%)
Depreciation Life	10 yrs	Deprec. Tax Method	ACRS
Finance Term	10 yrs	Deprec. Book Method	ACRS
Annual Interest Rate	40 (%)	Income Tax Rate	0 (%)
Cost Of Capital	40 (%)	Inflation (Maint, Elec, Gas)	5 / 25 / 17 (%)

	----- First Cost -----		----- Annual Cost -----				
Alt #	Initial (PESOS)	Other (\$/ton)	Total (PESOS)	Maint. (\$/ton)	Rev. Penalty (\$/ft2)	Total (PESOS)	TOTAL (PESOS)
1	3,000,000	0.00	3,000,000	0.00	0.00	0	3,000,000
2	8,000,000	0.00	8,000,000	0.00	0.00	0	8,000,000

-----YEARLY CASH FLOW-----

Alternative 1 UNIDADES PAQUETE STANDARD

Year	Utility Cost (PESOS)	Maint. Cost (PESOS)	Interest Cost (PESOS)	Principal Cost (PESOS)	--- Depreciation Tax (PESOS)	--- Depreciation Book (PESOS)	Cash Flow (PESOS)	Present Value (PESOS)	(PESOS)
1	2,564,265	0	0	0	264,000	264,000	2,564,265	1,831,618	
2	3,205,331	0	0	0	252,000	252,000	3,205,331	1,635,373	
3	4,006,664	0	0	0	228,000	228,000	4,006,664	1,460,154	
4	5,008,330	0	0	0	207,000	207,000	5,008,330	1,303,709	
5	6,260,412	0	0	0	189,000	189,000	6,260,412	1,164,026	
6	7,825,515	0	0	0	171,000	171,000	7,825,515	1,039,309	
7	9,781,894	0	0	0	156,000	156,000	9,781,894	927,955	
8	12,227,368	0	0	0	141,000	141,000	12,227,368	828,531	
9	15,284,210	0	0	0	126,000	126,000	15,284,210	739,760	
10	19,105,262	0	0	0	126,000	126,000	19,105,262	660,500	
11	23,881,578	0	0	0	126,000	126,000	23,881,578	589,732	
12	29,851,972	0	0	0	126,000	126,000	29,851,972	526,546	
13	37,314,965	0	0	0	126,000	126,000	37,314,965	470,131	
14	46,643,706	0	0	0	126,000	126,000	46,643,706	419,760	
15	58,304,633	0	0	0	126,000	126,000	58,304,633	374,785	
16	72,880,791	0	0	0	126,000	126,000	72,880,791	334,630	
17	91,100,989	0	0	0	126,000	126,000	91,100,989	298,777	
18	113,876,236	0	0	0	126,000	126,000	113,876,236	266,765	
19	142,345,295	0	0	0	126,000	126,000	142,345,295	238,183	
20	177,931,619	0	0	0	6,000	6,000	177,931,619	212,663	

-----YEARLY CASH FLOW-----

Alternative 2 BOMBAS DE CALOR ACOPLADAS POR TIERRA

Year	Utility Cost (PESOS)	Maint. Cost (PESOS)	Interest Cost (PESOS)	Principal Cost (PESOS)	--- Depreciation Tax (PESOS)	--- Depreciation Book (PESOS)	Cash Flow (PESOS)	Present Value (PESOS)	(PESOS)
1	1,511,826	0	0	0	704,000	704,000	1,511,826	1,079,876	
2	1,889,782	0	0	0	672,000	672,000	1,889,782	964,175	
3	2,362,228	0	0	0	608,000	608,000	2,362,228	860,870	
4	2,952,785	0	0	0	552,000	552,000	2,952,785	768,634	
5	3,690,981	0	0	0	504,000	504,000	3,690,981	686,281	
6	4,613,727	0	0	0	456,000	456,000	4,613,727	612,750	
7	5,767,158	0	0	0	416,000	416,000	5,767,158	547,099	
8	7,208,948	0	0	0	376,000	376,000	7,208,948	488,481	
9	9,011,185	0	0	0	336,000	336,000	9,011,185	436,144	
10	11,263,981	0	0	0	336,000	336,000	11,263,981	389,414	
11	14,079,977	0	0	0	336,000	336,000	14,079,977	347,691	
12	17,599,971	0	0	0	336,000	336,000	17,599,971	310,438	
13	21,999,964	0	0	0	336,000	336,000	21,999,964	277,177	
14	27,499,954	0	0	0	336,000	336,000	27,499,954	247,480	
15	34,374,943	0	0	0	336,000	336,000	34,374,943	220,964	
16	42,968,679	0	0	0	336,000	336,000	42,968,679	197,289	
17	53,710,848	0	0	0	336,000	336,000	53,710,848	176,151	
18	67,138,561	0	0	0	336,000	336,000	67,138,561	157,278	
19	83,923,201	0	0	0	336,000	336,000	83,923,201	140,427	
20	104,904,001	0	0	0	16,000	16,000	104,904,001	125,381	

-----ALTERNATIVE COMPARISON-----

First Cost Difference....Alternative 2 - Alternative 1	\$5,000,000
Net Present Value of Incremental Cash Flows	\$1,288,906
Life Cycle Cost Difference	\$1,288,906
Simple Payback on Investment	4.8 yrs
Life Cycle Payback on Investment	20.5 yrs
Internal Rate of Return	34.0 %

Year	Cash Flow Difference (PESOS)	Present Value		Discounted Cash Flow	
		Cummulative Cash Flow (PESOS)	Cummulative Cash Flow (PESOS)	Cummulative Cash Flow (PESOS)	to Equal First Cost Difference (PESOS)
1	1,052,439	1,052,439		536,959	785,402
2	1,315,549	2,367,988		1,073,917	732,651
3	1,644,436	4,012,423		1,553,345	683,443
4	2,055,545	6,067,968		1,981,405	637,540
5	2,569,431	8,637,399		2,363,601	594,721
6	3,211,789	11,849,187		2,704,848	554,777
7	4,014,736	15,863,923		3,009,533	517,516
8	5,018,420	20,882,343		3,281,573	482,757
9	6,273,025	27,155,368		3,524,466	450,333
10	7,841,281	34,996,648		3,741,334	420,087
11	9,801,601	44,798,249		3,934,967	391,872
12	12,252,001	57,050,251		4,107,853	365,552
13	15,315,002	72,365,252		4,262,216	341,000
14	19,143,752	91,509,004		4,400,040	318,097
15	23,929,690	115,438,694		4,523,097	296,732
16	29,912,112	145,350,806		4,632,969	276,803
17	37,390,141	182,740,947		4,731,070	258,211
18	46,737,676	229,478,623		4,818,659	240,869
19	58,422,095	287,900,717		4,896,864	224,691

20 73,027,618 360,928,335 4,966,690 209,600

-----ECONOMIC SUMMARY-----

Alt #	Installed Cost (PESOS)	First Year Util. Cost (PESOS)	Final Year Util. Cost (PESOS)	First Year Annual Cost (PESOS)	Final Year Annual Cost (PESOS)	Life Cycle Cost (PESOS)
1	3,000,000	2,564,265	177,931,619	0	0	18,322,906
2	8,000,000	1,511,826	104,904,001	0	0	17,033,999

Consultoría para el consumo racional de
energía eléctrica en la ciudad de Villavicencio

333.7932 0625c Ej.1

CATALOGADO POR: HELP FILE LTDA

FECHA

FECHA

