

1er Seminario Nacional

“Uso Eficiente de Energía y Agua en Organismos Operadores de Agua y Saneamiento”



Aspectos Clave para la Eficiencia Energética bajo el Concepto Integral Watergy

Contenido

- Programa Integral de Mejora - Programa de Eficiencia Energética y Agua.
- Objetivo básico de un Programa Integral de Ahorro de energía
- Factores que influyen en el INDICE ENERGETICO
- Concepto Integral de Eficiencia en agua y energía (Watergy)
- Acciones típicas de ahorro de energía .
 - Lado de la Oferta
 - La Eficiencia Electromecánica de sistemas de bombeo
 - Sistema de distribución. El proceso de recuperación de caudales
- Automatización y Modelación Hidráulica. 2 herramientas útiles
- Ejemplo Real en Desarrollo
- Conclusiones

Programa Integral de Mejora en la operación

Acciones Clave

- **Realizar un Diagnostico Integral** Que Incluya aspectos:

Comerciales o administrativos

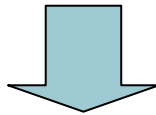
Financieros

Nivel de servicio – Cobertura y Proyección a futuro

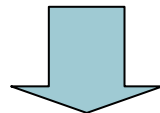
Ambientales

Técnicos - Operativos

Energía y Agua; que tan eficiente es su gestión ?



- **Plan Estratégico de Desarrollo**



- **Basados en indicadores de gestión**

Programa de Eficiencia Energética y Agua. 2 ideas clave

● Diseñar un Programa Integral

No solo acciones aisladas

Aprovechar las oportunidades de ahorro y sus efectos en el sistema

Relacionar Ahorro de agua y energía

● Crear un equipo encargado del programa

Tipos de modelos administrativos para el uso eficiente

Ad Hoc	Responde a los problemas	Escasa información Nula comunicación y apoyo. Pocos resultados
Administrador único	Se enfoca a problemas aislados	Dificultades de conseguir información Resultados medios
Equipo interdisciplinario	Realiza acciones de ahorro con enfoque sistémico La Eficiencia. Componente clave	Se integran buenas base de datos La comunicación es efectiva Resultados de alto impacto



Objetivo básico de un Programa Integral de Ahorro de energía

Reducir el Índice Energético
kWh/ m³

Factores que influyen en el Índice Energético

Perfil del Organismo

Naturales

Relacionados con el nivel de servicio

Relacionados con el nivel tecnológico

Factores que influyen en el INDICE ENERGETICO de un organismo operador

Factores naturales

- Tipo de fuentes que predominan en su sistema

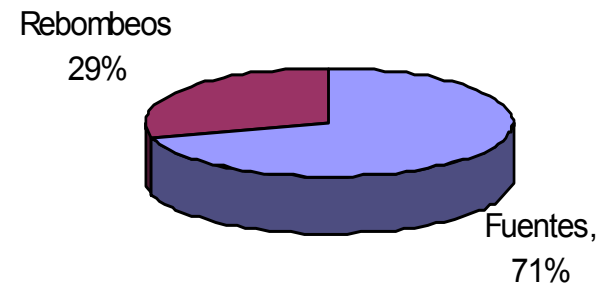
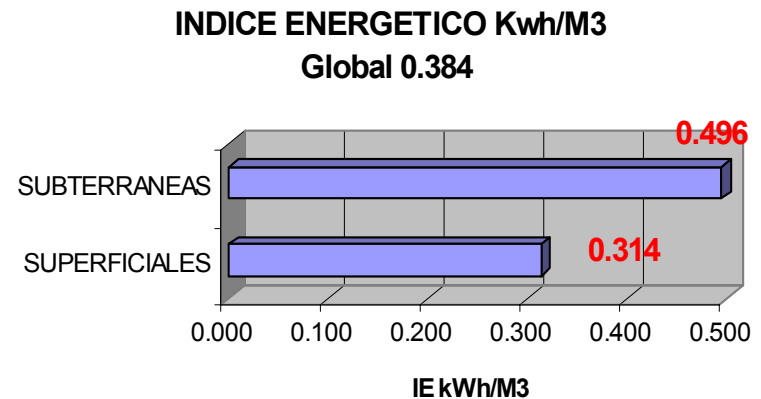
Mezcla de fuentes Superficiales y Subterráneas.

- Profundidades predominantes en fuentes subterráneas

Desde que profundidad se bombea
Abatimiento de acuíferos
Calidad del agua de fuentes

- Densidad de población en cotas altas.

Una ciudad plana requiere menos rebombes en otras el rebombes puede competir con la extracción



Factores que influyen en el INDICE ENERGETICO de un organismo operador

Relacionados con el nivel de servicio

Niveles de servicio.

Horas de suministro

Tandeos

A mayor numero de horas de servicio mayor índice energético pero mejor nivel de servicio

Nivel de perdidas

Eficiencia física.

A menores niveles de EF mayor índice energético

Niveles de cobertura

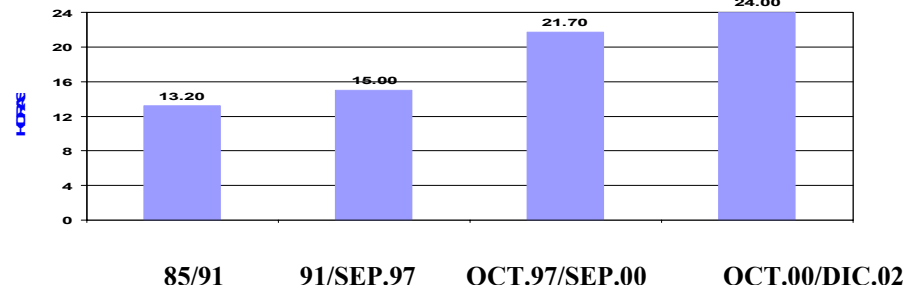
Agua Potable

Recolección y tratamiento de aguas residuales

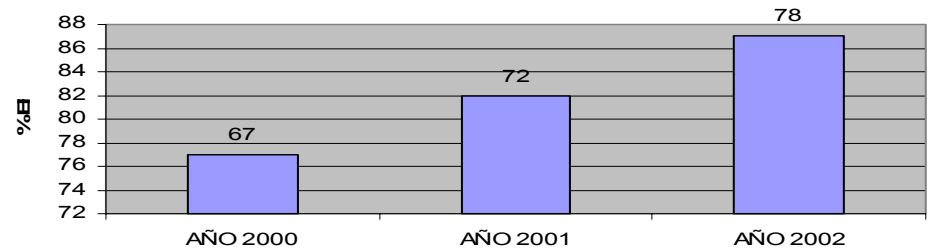
Programas de reciclaje

A mayor cobertura de tratamiento mayor consumo energético y puede optimizarse con programas de reuso

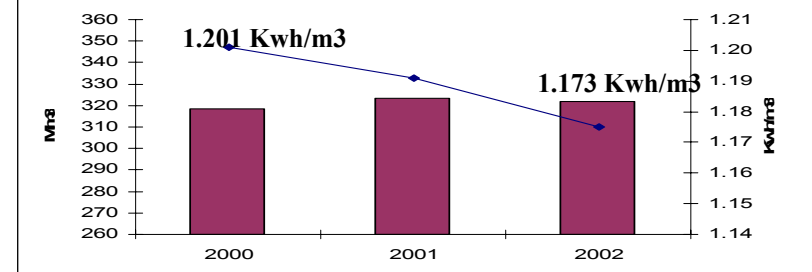
HORAS PROMEDIO DE SUMINISTRO AGUA POTABLE




EFICIENCIA FISICA



SUMINISTRO ANUAL DE AGUA POTABLE Y ENERGIA ELECTRICA REQUERIDA (2000 - 2002)





Factores que influyen en el INDICE ENERGETICO de un organismo operador **Relacionados con el nivel de tecnología**

Instalación eléctrica inadecuada (Baja Calidad de la Energía)

Pérdidas por sobrecalentamientos (efecto joule)

Conductores y alimentadores subdimensionados, falsos contactos, Sobrecapacidad de subestaciones

Bajo Factor de potencia

Características de la red de distribución

Antigüedad de tuberías (Incrustación)

Diseño inadecuado . Caídas de presión excesivas, contrapresiones

**Falta de equipos de regulación de presión. Tanques, válvulas
variadores de velocidad**

Falta de sectores

Niveles automatización (y uso de la misma)

Operación predominantemente manual

Sistemas SCADA o Telemetría subutilizado

Niveles de Eficiencia electromecánica de los sistemas de bombeo /
Fuentes y sistemas de rebombeo



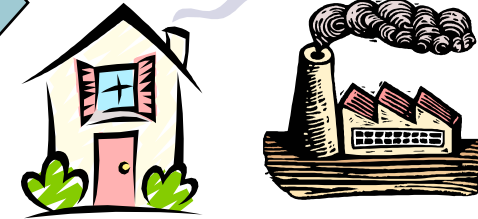
Watergy. Concepto integral

Oferta



Oportunidades

Demanda



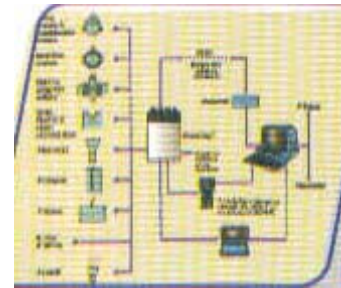
Eficiencia de Agua y Energía

Optimizando el uso de energía para satisfacer las necesidades de agua al menor costo posible

Los Sistemas de Abastecimiento de agua ofrecen múltiples oportunidades para reducir de manera directa las pérdidas de agua y energía y al mismo tiempo atender mejor al consumidor

- *Optimización de sistemas de Bombeo*
- *Mejora en la Operaciones y Mto.*
- *Opt. de Sistemas de tratamiento de agua*

Distribución



Recuperación de caudales (fugas y robos)

Si se reduce la de demanda alentando al consumidor a un uso de agua mas eficiente, se disminuyen las reservas de aguas requeridas redundando en ahorros tanto de agua como de energía

- *Programas de reciclaje de agua para uso industrial.*
- *Facturación por consumo*
- *Tecnologías de bajo consumo de agua*
 - *Inodoros y regaderas de bajo flujo*
- *Programas de cultura del agua*

Acciones típicas de ahorro de energía en un organismo operador

Lado de la Oferta



- Aprovechar la tarifa eléctrica
 - Conversión de tarifa
 - Control Automático Hora punta
 - Optimización del Factor de Potencia. Máxima bonificación
- Readequación de la instalación eléctrica
 - Calidad de la Energía
 - Menores costos de mantenimiento y paros inesperados
- Rediseño de la Red.
 - Modificaciones mínimas, beneficios máximos
 - Eliminación de rebombes
 - Uso de herramientas de MODELACION HIDRAULICA
- Optimizar las Eficiencias Electromecánicas de los Sistemas de Bombeo

Tarifas Eléctricas aplicables

TARIFA 06

- * **Media Tensión**
- * **Cargo por energía, Cargo Fijo y F.P.**

TARIFA OM

- * **Media Tensión**
- * **Demanda Mínima 10 KW Máxima 100 KW**
- **Cargo por energía, Demanda y F.P.**
- **DAP 2 %**

TARIFA HM

- * **Media Tensión**
- * **Demanda Mínima de 100 KW**
- * **Cargo por Consumo en:**
 - . **Período Base**
 - . **Período Intermedio**
 - . **Período Punta**
- * **Demanda Facturable**
- * **F.P.**
- * **DAP del 2 %**

Periodo de Punta, Intermedio y Base: Se definen para cada región tarifaria y distintas temporadas del año

Ejemplo Región Sur

	Día de la Semana	Base	Intermedio	Punta
VERANO	Del primer domingo de abril, al sábado anterior al último domingo de octubre:			
	Lunes a Viernes	00:00 - 06:00	06:00 - 20:00	20:00 - 22:00
			22:00 - 24:00	
	Sabado	00:00 - 07:00	07:00 - 24:00	
	Dominngo y Día Festivo	00:00 - 19:00	19:00 - 24:00	
FUERA DE VERANO	Del último domingo de octubre, al sábado anterior al primer domingo de abril:			
	Lunes a Viernes	00:00 - 06:00	06:00 - 18:00	18:00 - 22:00
			22:00 - 24:00	
	Sabado	00:00 - 08:00	08:00 - 19:00	19:00 - 21:00
			21:00 - 24:00	
Dominngo y Día Festivo	00:00 - 18:00	18:00 - 24:00		

Recomendaciones generales sobre el manejo de Tarifas Eléctricas (1)

1.- Conversión de tarifa 06 a OM

previo análisis comparativo de costo unitario integrado (incluyendo consumo y demanda)

Ejemplo – Región Sur

Tarifa 06	
Energía	0.906 \$ / kWh
Tarifa OM	
Demanda	82.59 \$ / kW
Energía	0.594 \$ / kWh

KWH:	10,000	Conceptos:	06	OM
KW:	15	Cargo por Kwh	9,060	5,940
F.P.:	0.90	Cargo por Demanda		1,238
		Cargo Fijo	165	
		2% Med. BT	184	143
		FP. Cargo/B on.	0	0
		Subtotal	9,409	7,321
		DAP 2 %		146
		IVA	1,411	1,120
		TOTAL	10,820	8,587
Costo Unitario Integrado \$ / kWh			0.906	0.717

Recomendaciones generales sobre el manejo de Tarifas Eléctricas (2)

2.- Controlar Demanda y consumo en Hora Pico, Servicios en Tarifa HM.

Ejemplo – Región Sur

Tarifa HM	
Demanda	85.70 \$ / kW
Energía punta	1.5834 \$ / kWh
Energía base	0.4110 \$ / kWh
Energía Intermedia	0.4947 \$ / kWh

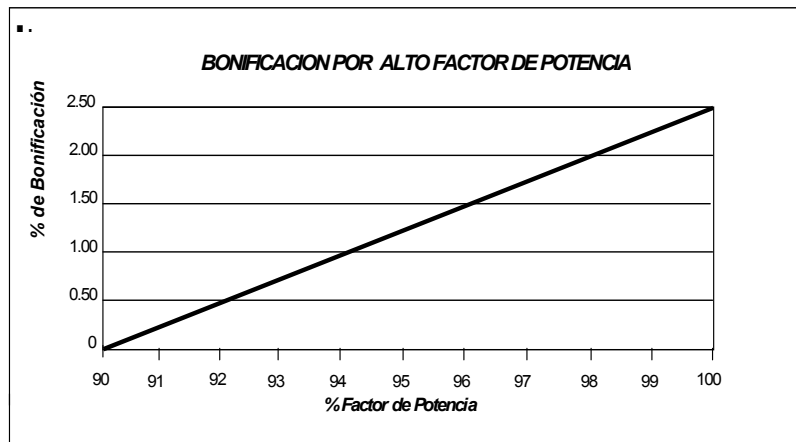
kWh:	73,000	Conceptos:	HM	HM
kW Max :	100	Cargo por Kwh	44,521	41,183
F.P.:	0.90	Cargo por Demanda	8,121	6,245
		Demanda Facturable kW	100	73
		FP. Cargo/Bon.		
		Subtotal	52,642	47,428
		DAP	1,052	948
		IVA	7,896	7,114
		TOTAL	61,590	55,490
Costo Unitario Integrado \$ / kWh			0.721	0.650

Recomendaciones generales sobre el manejo de Tarifas Eléctricas (3)

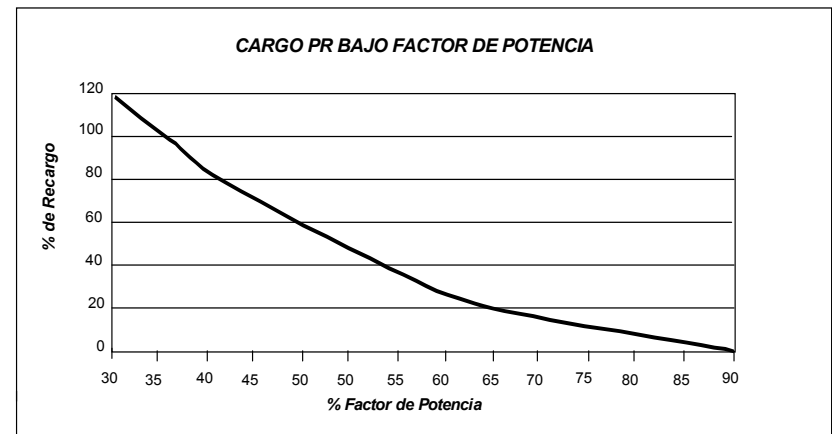
3.- Optimizar el Factor de potencia

A medida que mas se aleje abajo del 90 % es mas rentable optimizarlo

Bonificación Max 2.5 %



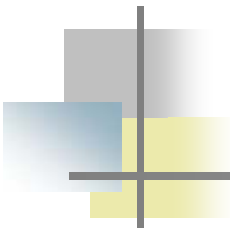
Penalización Máxima 120 %



En la medida que la demanda sea mayor, es mas rentable la inversión para optimizarlo

Para tarifas OM (menos de 100 kW) , es muy rentable compensar cuando se encuentra en 85 % o menor

Para tarifas HM (mas de 100 kW) , es muy rentable compensar , aun si se encuentra en 90 % o menor



Optimización de Eficiencia Electromecánica de los sistemas de bombeo. Una Buena Oportunidad de ahorro

■ Definición básica

Eficiencia Electromecánica $\mu = P_s / P_e$

Donde

P_e = Potencia Eléctrica Suministrada

P_s = Potencia de salida de la bomba (P_s)

Es la potencia, en watt, transferida al agua por la bomba, medida lo más cerca posible del cabezal de descarga y depende fundamentalmente de;

q_v	Flujo volumétrico, en m^3/s;
H	Carga total de bombeo, en m.
ρ	Densidad del agua bombeada, en kg/m^3;
g	Aceleración de la gravedad, en m/s^2;

Optimización de Eficiencia Electromecánica de los sistemas de bombeo. Una Buena Oportunidad de ahorro

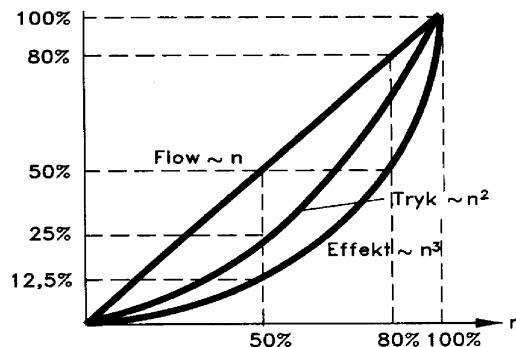
Acciones sin / con mínima Inversión

Ajustar la operación del equipo de bombeo existente
Limpieza Adme-tubo de succión

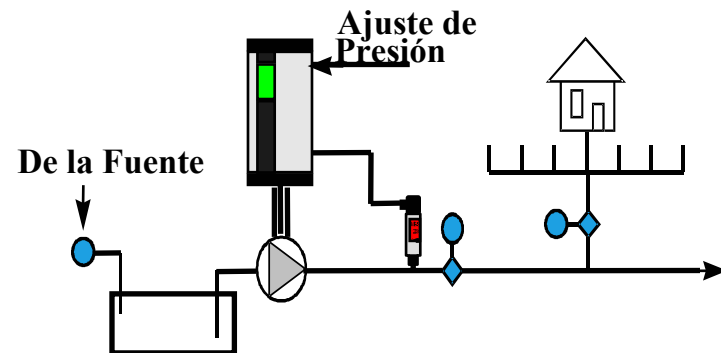


Acciones con inversión generalmente rentable

Sustitución por equipo eficiente
Instalación de Variador de frecuencia con control de presión o nivel de tanque constante



DANFOSS
175HA208.10



Valores mínimos de eficiencia para sistemas de bombeo para pozo profundo en operación. NOM-006-ENER-1995

Intervalo de potencias		Eficiencia electromecánica (%)
kW	hp	
5,6 - 14,9	7,5-20	52
15,7 - 37,3	21-50	56
38,0 - 93,3	51-125	60
94,0 - 261	126-350	64

Eficiencia Electromecánica

Ejemplo típico real

Situación actual

Sistema de bombeo de pozo profundo
Bomba de turbina de flecha
Gasto ;55 lps
Potencia real; 94 kW
C.D.T. 52 M.C.A

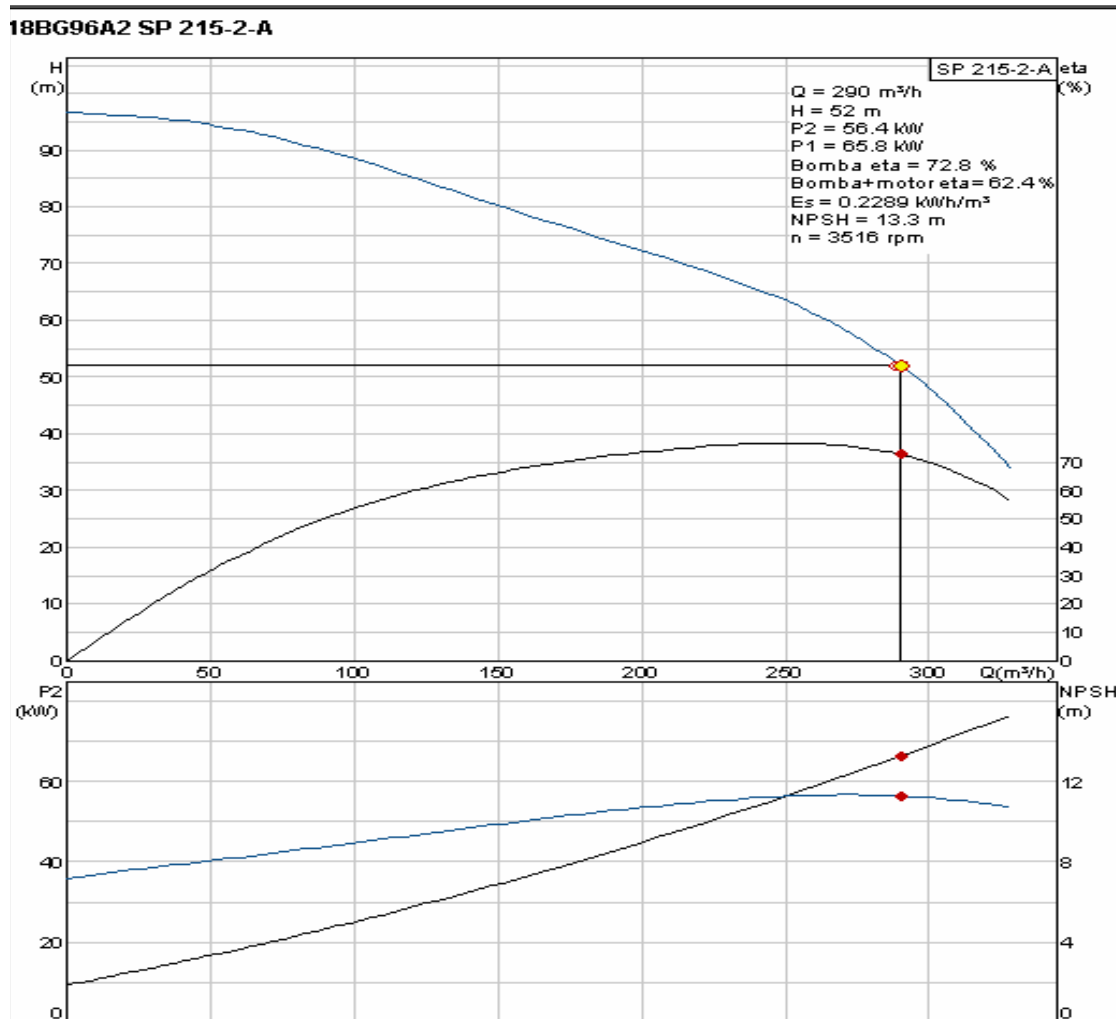


<i>ND</i>	NIVEL DINAMICO (m)	10
<i>Pm</i>	PRESION A LA DESCARGA (m)	41.4
<i>qv</i>	FLUJO REAL (l/s)	55
<i>hv</i>	CARGA DE VELOCIDAD (m)	0.029
<i>hfc</i>	PERDIDAS DE FRICCION EN LA COLUMNA (m)	0.304
<i>hd</i>	CARGA A LA DESCARGA (m)	41.78
<i>H</i>	CARGA TOTAL (m)	51.78
<i>Pe</i>	POTENCIA DE ENTRADA AL MOTOR	94
	Eficiencia del Motor % (Adimensional)	86
	Potencia de Entrada a la Bomba (Kw)	82.7
	Eficiencia de la Bomba % (Adimensional)	33.8
<i>Ps</i>	POTENCIA DE SALIDA DE LA BOMBA	28
<i>μ</i>	EFICIENCIA ELECTROMECHANICA %	29
	Indice energético kWh/m³	0.47
	CAPACIDAD REAL (l/s)	80

Eficiencia Electromecánica

Cálculo Típico de ahorro

Situación propuesta **Gasto: 80 LPS (288 m³/hr)**
C.D.T.: 52 M.C.A.
Bomba sumergible de alta eficiencia



Type	SP 215-2-A
Quantity * Motor	1 * 55 kW , 440-460-480V
Cable	4* 35 mm ² 5 m dU = 0.1 %
Flow	290 m ³ /h (+1 %)
H total	52 m (-0 %)
Power P1	65.8 kW
Power P2	56.4 kW
Eta pump	72.8 %
Eta motor	85.8 %
Eta pump+motor	62.4 % = Eta pump * Eta motor
Eta cable	100.0 %
Eta total	62.4 % = Eta pump+motor+cable
Flow total	288000 m ³ /Year
spec. Consumpt.	4.5 kWh/m ³ /m
	0.23 kWh/m³
Consumption	65923 kWh/Year

Eficiencia Electromecánica

Cálculo Típico de ahorro

Sistema Original:

Potencia Eléctrica : **94 kW**

Consumo de Energía (kWh / Año) 68,620 kWh/mes

REALES (CFE) = 62, 879 Factor de Utilización FU = 0.916

Costo energetico (\$ / Mes) = 37,724

Costo de Operación = \$ 452,728 / año

Propuesta a 80 LPS:

Potencia Eléctrica = (Q x H x 9.806 / Ef)= (0.08 x 52.0 x 9.806 / .624) = **65.8 kW**

kWh/mes = EHP x Hrs/yr x \$/kW-hr = 65.8 x 24 x 365 X0.916/12 = 43,999

Costo de Operación = \$ 316,792 / año

Ahorro Anual : \$ 13,593 USD

Costo-Beneficio: Inversión estimada: \$ 10,500 USD

Pay back Simple: 9.2 meses

Acciones típicas de ahorro de energía en un organismo operador

Lado de la Oferta. Sistema de distribución

Programas de recuperación de caudales.

Aumentar los volúmenes efectivamente entregados para consumo

Mejorar el servicio a nuestros usuarios

Posibilitar la dotación del agua a nuevas colonias o sectores

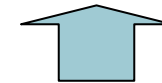
Incrementar los ingresos del organismo

Supervisar y mejorar la calidad y veracidad del padrón de usuarios

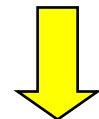
Detectar a los usuarios clandestinos, tomas extraviadas y consumos fraudulentos

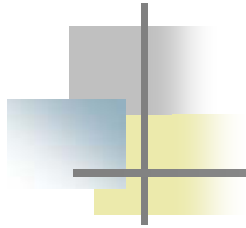
Diferir las inversiones en obras de infraestructura

Técnicas de sectorización



kwh/m³





- 2 Herramientas básicas

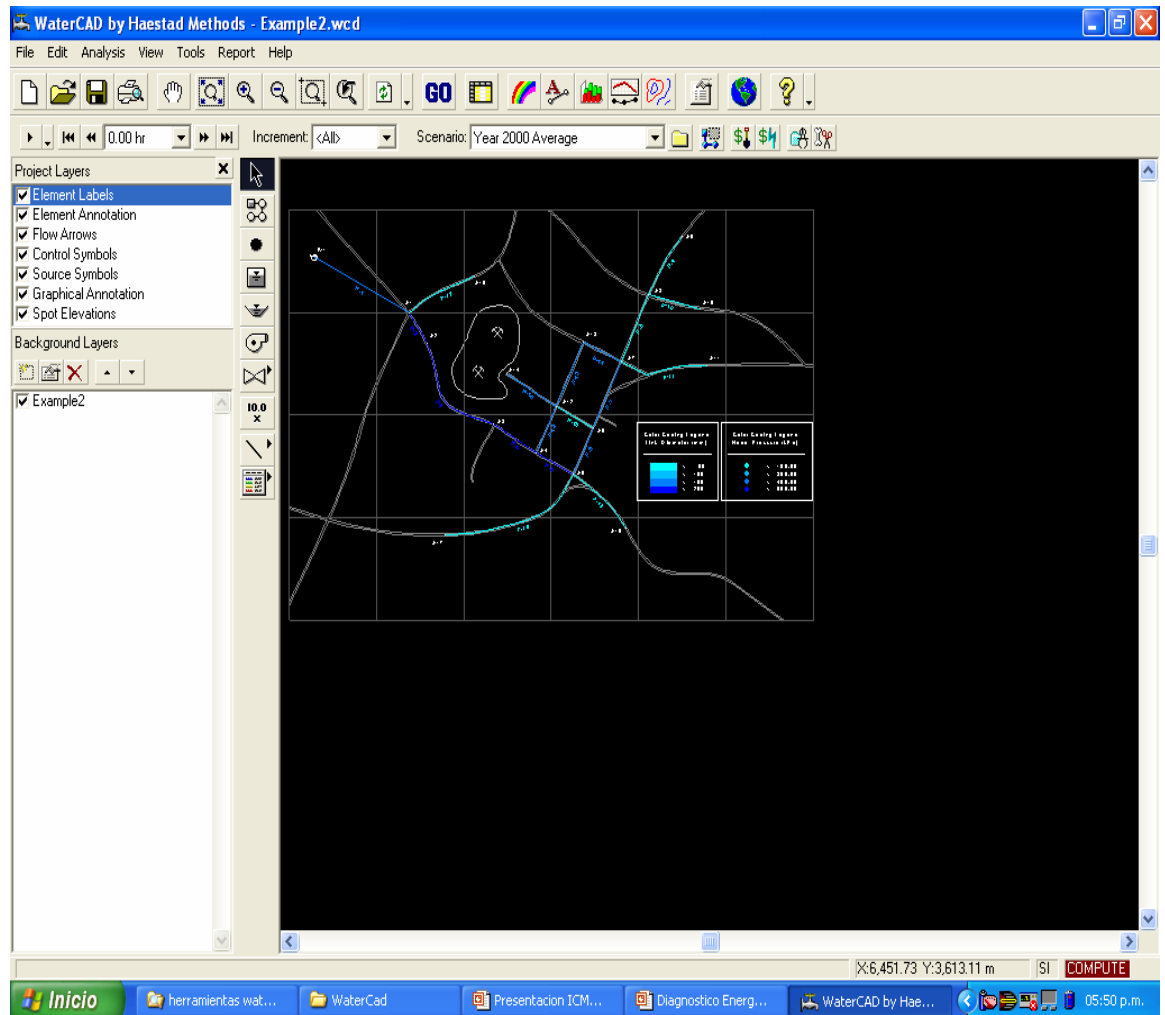
Modelación Hidráulica

Automatización de Sistemas

Modelación Hidráulica.

Algunos Beneficios

- Permite simular distintos escenarios con un enfoque sistémico
- Analiza los cambios en los sistemas de bombeo y sus efectos en el sistema.
- Permite estimar costos energéticos con distintos arreglos de bombeo y tubería, variador de frecuencia, mecanismos de control, etc.
- Util para determinar los límites de un sector hidrométrico
 - Mínima presión
 - Flujo positivo



Sistemas de Automatización

A nivel individual (Fuentes y plantas de tratamiento)

Equipos típicos

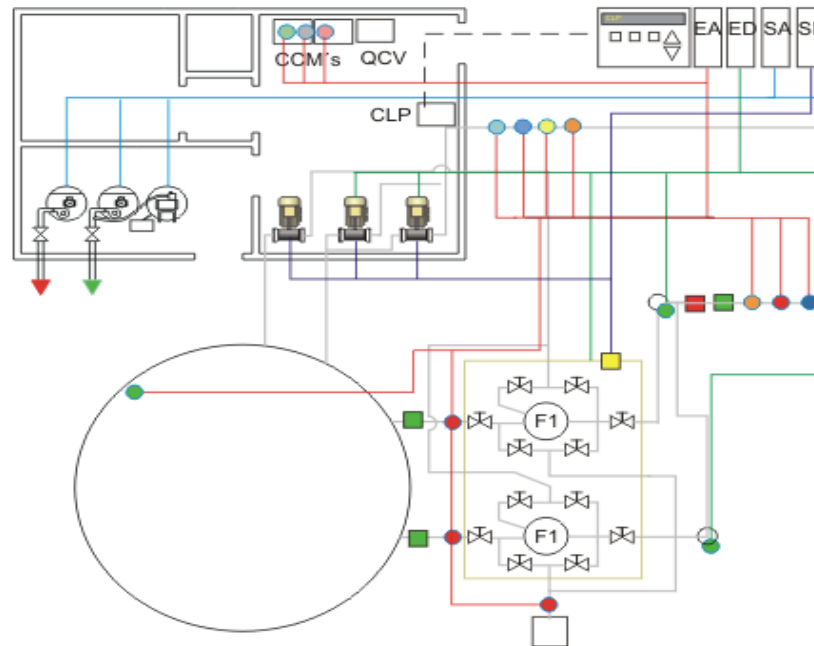
DULCOMETER® D2C
Medidor e Controlador



Medidor de Turbidez LAT-N1



range de medição: 0,01 ... 1000 TEF
0,01 ... 500 EBC
Conexão : DN 40, 50, 65, 80, 100
Material: aço inox., PEEK
Pressão Max.: 6 bar
Temperatura Max.: 0 ... 80°C (curta duração
120°C)
Precisão: +/- 1% do Span
Saída : 4 - 20 mA

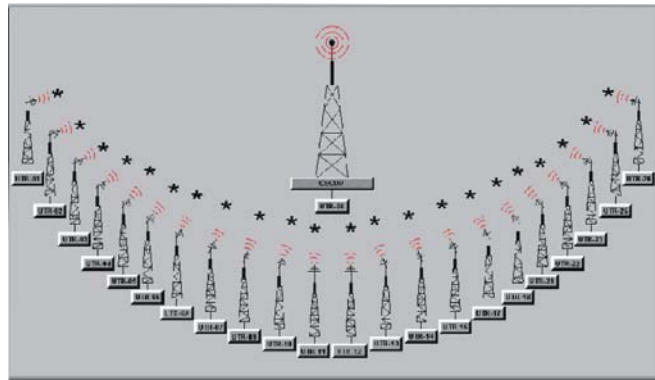


LEGENDA

- MEDIDOR MAGNÉTICO DE VAZÃO
- MEDIDOR DE TURBIDEZ
- MEDIDOR DE PH
- CHAVE DE NÍVEL
- CLORÍMETRO
- TRANSMISSOR DE PRESSÃO
- DOSAGEM DE CLORO AUTOMÁTICO
- DOSAGEM DE COAGULANTE
- CONTROLE DE LAVAGEM DE FILTROS
- ENTRADAS ANALÓGICAS
- ENTRADAS DIGITAIS
- SAÍDAS ANALÓGICAS
- SAÍDAS DIGITAIS

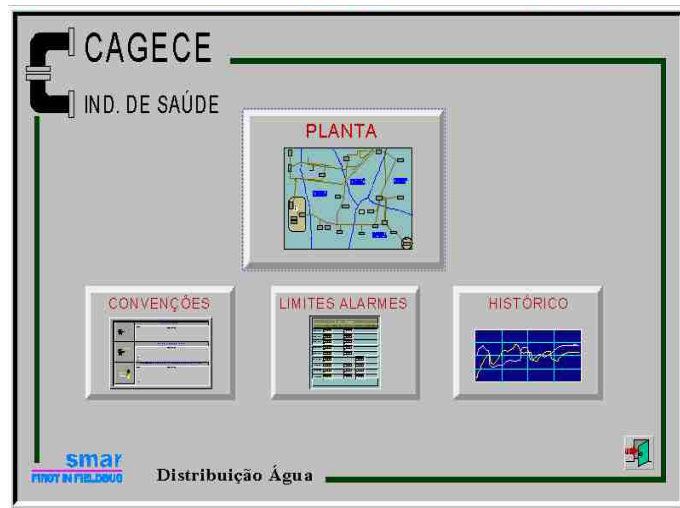
Sistemas de Automatización

A nivel integral



Algunos beneficios

- ✓ Reducción del desperdicio de agua tratada
- ✓ Mejora del abastecimiento
- ✓ Reducción del consumo de energía
- ✓ Uniformización de procedimientos
- ✓ Confianza en los datos operacionales
- ✓ Capacidad de actuar en los dispositivos de control del sistema en tiempo real para corrección de anomalías



Programas de reducción de consumo usuarios



- Promover cultura del agua
- Programas de reciclaje de agua tratada
- Actualización de cuotas, de acuerdo a costos reales de producción
- Programa paulatino de facturación por medición
- Estímulos por reducción en el consumo
- Financiar paquetes de equipos de bajo consumo al sector domestico y comercial con cargo a la facturación
- Implementar software de manejo comercial integral

El beneficio energetico se da ajustando los sistemas de bombeo después de reducir la demanda final



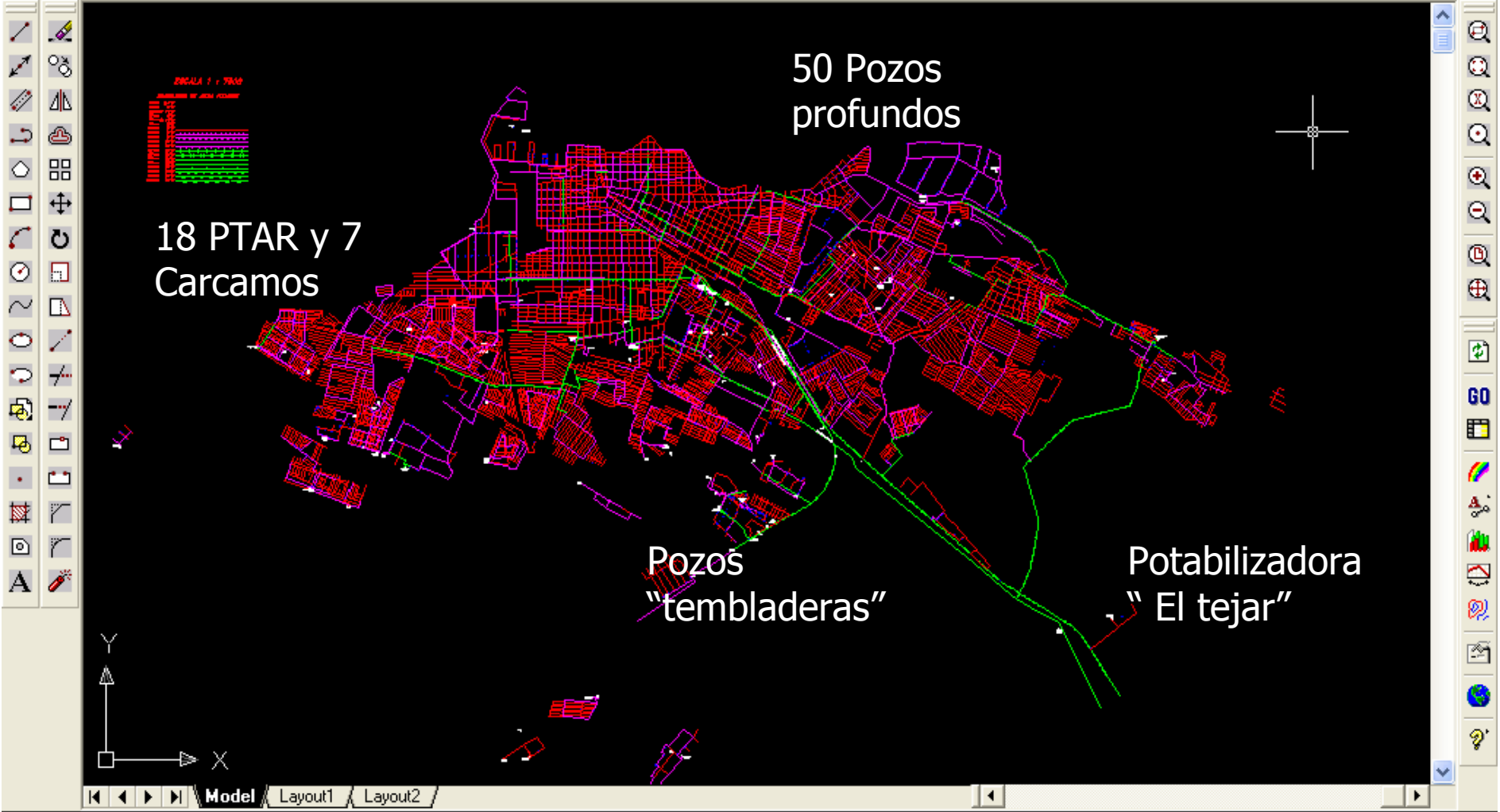
Caso Real. En desarrollo

Sistema de Agua y Saneamiento
SAS Metropolitano

Veracruz , Boca del Rió, Medellín de Bravo

VALVULAS | ByLayer | ByLayer | ByLayer | ByColor

0.00 hr | Increment: <All> | Scenario: Base



Command:

807035.0375, 2138189.6177, 0.0000 | SNAP GRID ORTHO POLAR OSNAP OTRACK LWT MODEL

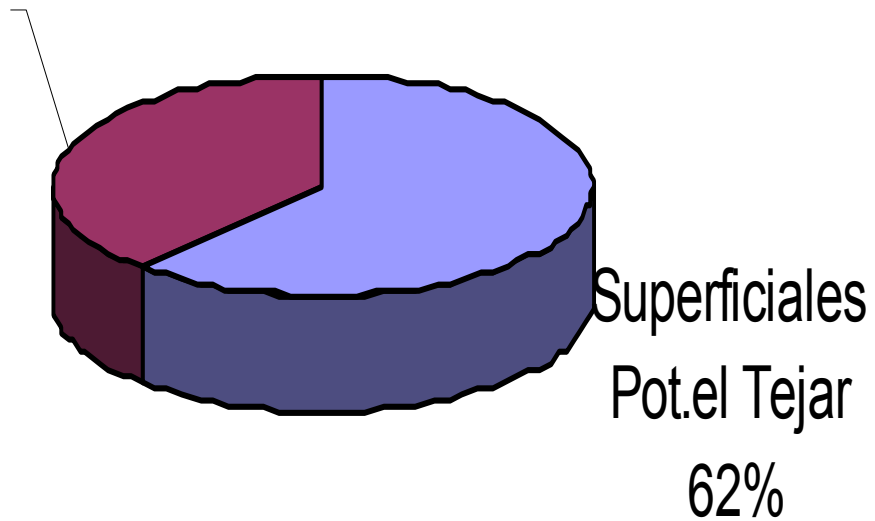
SAS

PRODUCCION DE AGUA POTABLE POR FUENTE

M3/mes

Subterráneas

Pozos
38%



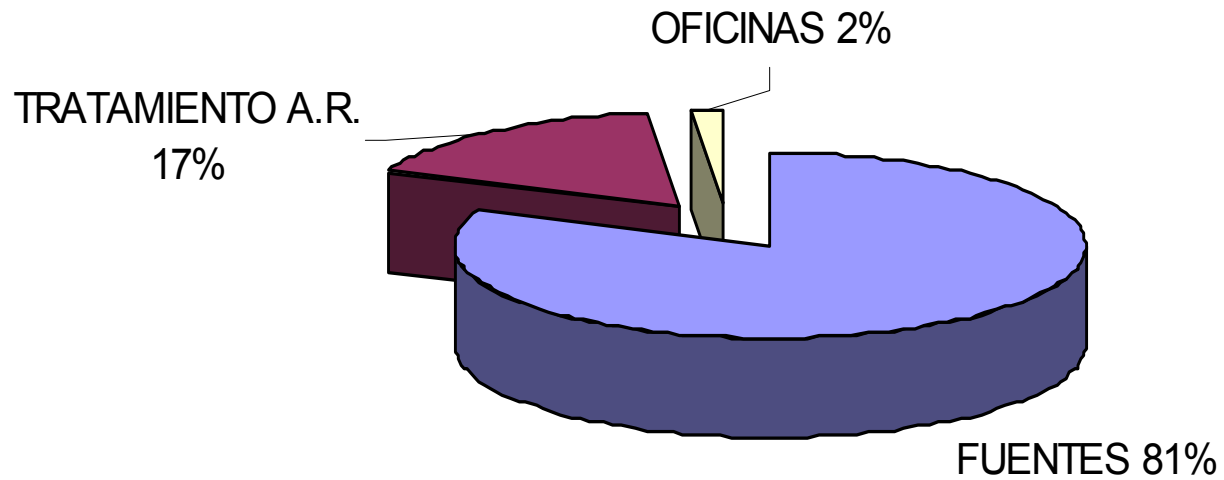
Superficiales
Pot. el Tejar
62%

SAS

DISTRIBUCION CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA

kWh

Total 3'645 MWh/mes



SAS

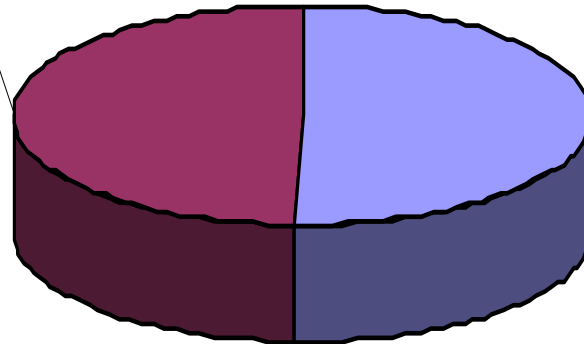
CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA FUENTES

Total 2'951,878 kWh/mes

SUPERFICIALES

Potab. El Tejar

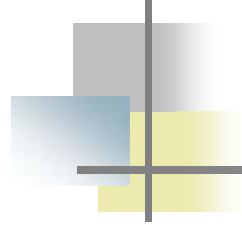
49%



SUBTERRANEAS

Pozos, rebombeos

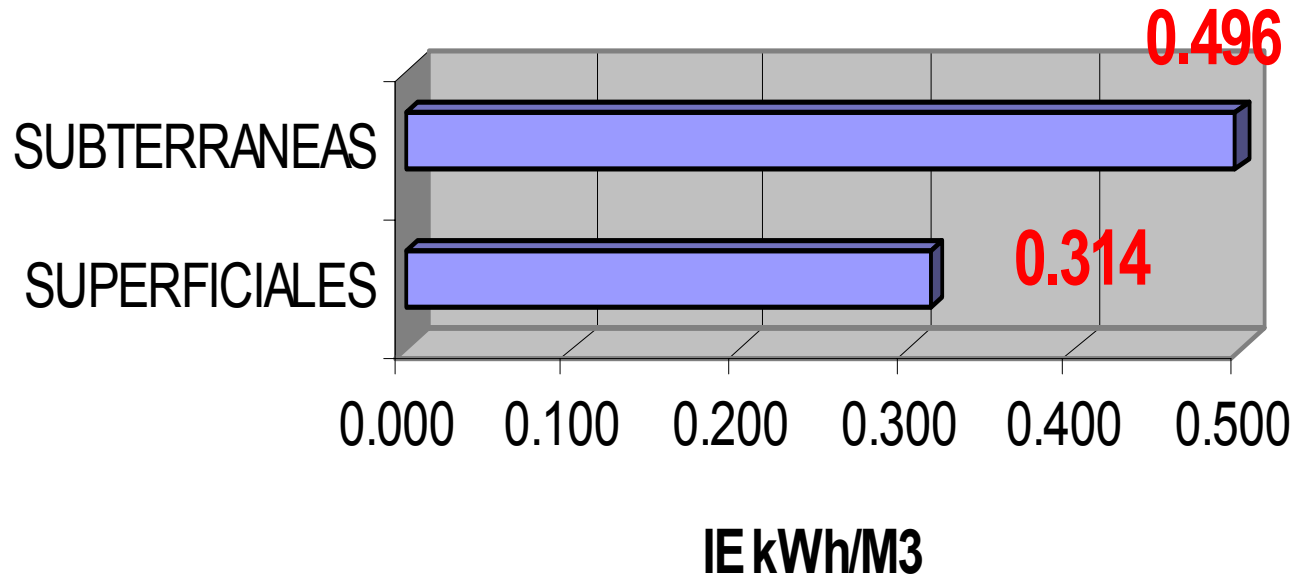
51%



SAS

INDICE ENERGETICO Kwh/M3

Global 0.384



Eficiencias Electromecánicas evaluadas. SAS Metropolitano

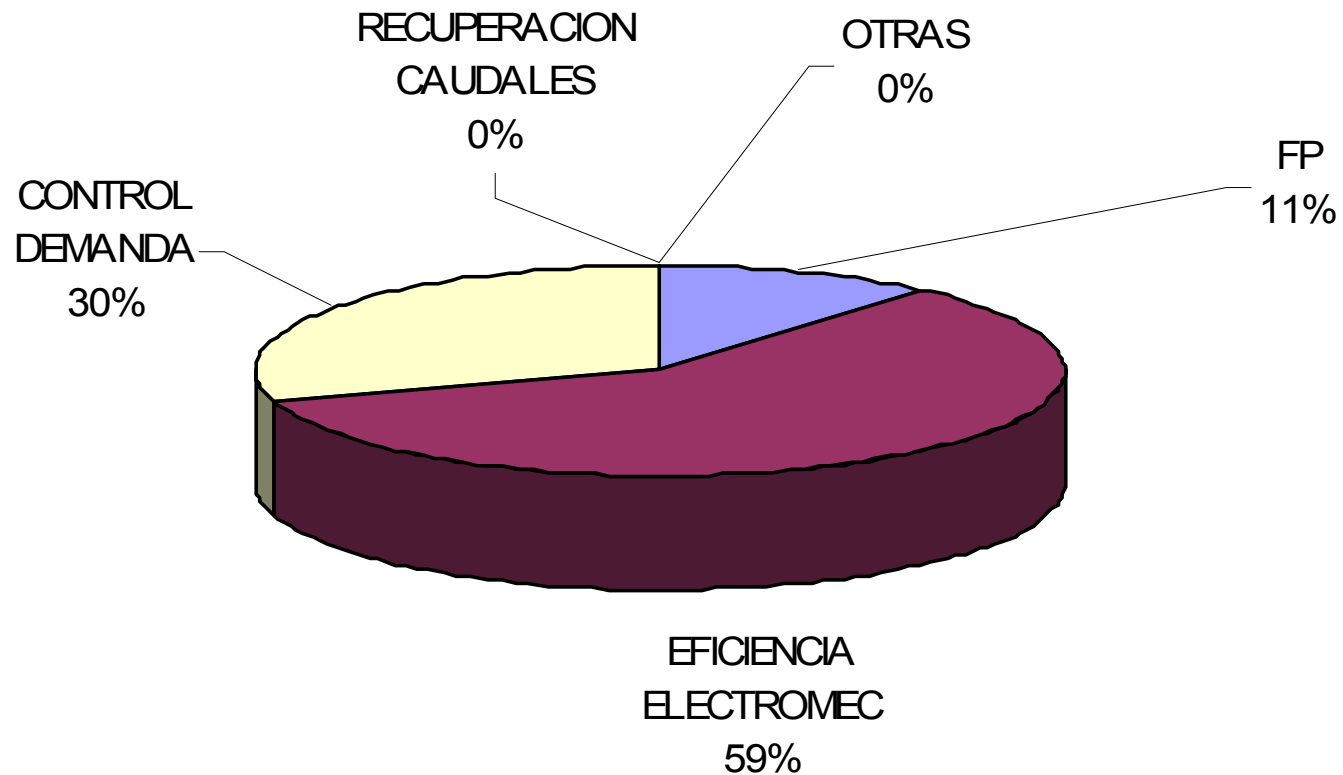
#	SIMBOLO	DESCRIPCION	22	20a	23	19a	39	41	42
1	<i>Di</i>	DIAMETRO INTERNO DE LA TUBERIA (m)	0.305	0.2	0.25	0.2	0.314	0.314	0.314
2	<i>n</i>	FRECUENCIA DE ROTACION (RPM)	1755	1785	3600	1785	1770	1800	1775
		NIVEL ESTATICO(m)	3						
3	<i>ND</i>	NIVEL DINAMICO (m)	10	18.25	45.6	30.75	37.3	26.95	45
6	<i>Pm</i>	PRESION A LA DESCARGA = [(4) + (5)] (m)	41.45	41.48	37.28	30.15	37.9	14.93	26.2
8	<i>qv</i>	FLUJO (m ³ /s)	0.055	0.0846	0.0535	0.025	0.0604	0.0285	0.0434
9	<i>hv</i>	CARGA DE VELOCIDAD = $\left[\frac{(8)}{(7)}\right]^2 / 19,6133$ (m)	0.029	0.370	0.061	0.032	0.031	0.007	0.016
10	<i>hfc</i>	PERDIDAS DE FRICCION EN LA COLUMNA (m)	0.3048	1.04	0.18	0.15	0.30	0.1	0.8
11	<i>hd</i>	CARGA A LA DESCARGA = [(6) + (9) + (10)] (m)	41.78	42.89	37.52	30.33	38.23	15.04	27.02
12	<i>H</i>	CARGA TOTAL = [(3) + (11)] (m)	51.78	61.14	83.12	61.08	75.53	41.99	72.02
16	<i>Pe</i>	POTENCIA DE ENTRADA AL MOTOR	96.217	108.810	95.806	48.874	72.661	54.403	55.005
17		Eficiencia del Motor % (Adimensional)	0.86	0.95	0.86	0.9	0.89	0.88	0.88
18		Potencia de Entrada a la Bomba (Kw)	82.7	103.4	82.4	44.0	64.7	47.9	48.4
19		Eficiencia de la Bomba % (Adimensional)	0.338	0.491	0.529	0.340	0.692	0.245	0.633
20	<i>Ps</i>	POTENCIA DE SALIDA DE LA BOMBA	27.928	50.721	43.607	14.974	44.736	11.734	30.649
21	<i>h</i>	EFICIENCIA ELECTROMECHANICA	29.0	46.6	45.5	30.6	61.6	21.6	55.7

**Prom
49 %**

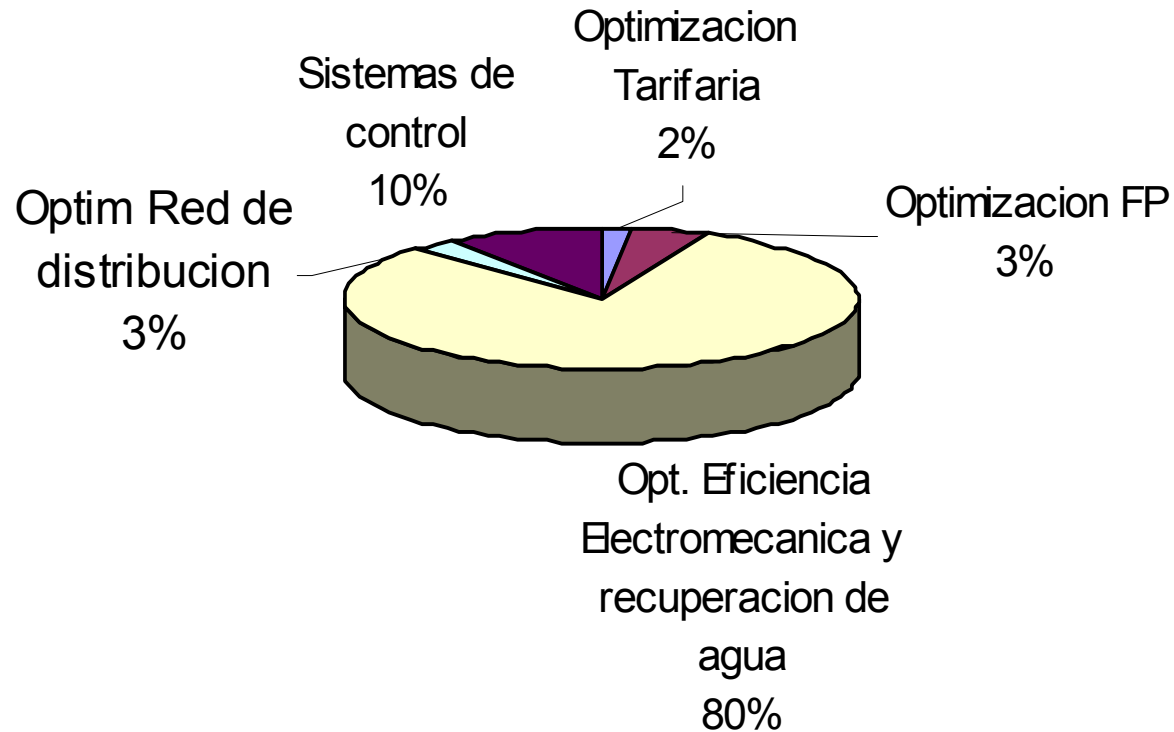
Resumen de medidas de ahorro. Etapa 1

Medida de ahorro	Rango de Ahorro Potencial anual (USD)	Consiste en:
Optimización del FP Medida ideal para un "Contrato por ahorros garantizados"	\$ 23,000- \$ 32,000	Llevar como mínimo el FP a 97% en los casos mas rentables <hr/> Mínimo: Potab. "El Tejar" Máximo: paulatinamente los pozos de mayor rentabilidad
Optimización de Eficiencias Electromecánicas (EE) de sistemas de bombeo (pozos)	\$ 59,500- \$ 169,000	Mínimo; Pozos Zona tembladeras Máximo ; Eficientar Todos los pozos Algunos casos incrementaran caudal disponible y mejora en el servicio
Control Automático de demanda Potabilizadora "El Tejar"	\$25,000 - \$ 84,600	Instalar controlador automático <hr/> Mínimo : Sacar una bomba de envió de 350 Hp Máximo Combinándola con Optim. De Ef. Electromecánicas de pozos en zona tembladeras
Otras medidas	Por definir	Combinando EE de fuentes y recuperación de caudal (sectorización) <hr/> Instalando variadores de velocidad. Previa evaluación en el modelador EPANET Y/O WATERCAD <hr/> Aprovechar el Sistema Scada para Ahorro de Energía
Etapa 2 Globales (Metas del Programa de Ahorro)	Min \$ 117,500 5% Max \$ 286,000 14 % Potencial 20- 25 %	Reflejarlo como mejora en el Indice Energético

Distribución Actual de Ahorros potenciales



Distribución esperada de ahorros Combinando Agua y Energía



Resumen y conclusiones

- **Se pueden cubrir los incrementos de cobertura (m^3 suministrados) sin incrementar consumo energético**



Recuperación de caudales

- **Se pueden reducir los consumos energéticos (kWh) manteniendo o incluso incrementando el nivel de producción**



Incremento de eficiencias electromecánicas de sistemas de bombeo

Ambos



kWh/ m^3





Otras acciones clave

- **Expandir los sistemas de monitoreo y medición de sistemas de agua.**
- **Determinar líneas base (referencia) y un sistema de indicadores**
- **Llevar a cabo auditorias de los sistemas y las instalaciones con enfoque sistémico y uso de herramientas como la modelación hidráulica**
- **Establecer metas**
- **Desarrollar un plan de acción para el manejo de agua y su relación con el consumo energético**
- **Evaluar los éxitos "benchmarking"**
- **Aprovechar ayuda externa-Consultoría**
- ***Recordar – Trabajo en equipo y Liderazgo son puntos claves***



Para más información

- www.ase.org
- www.watergy.org
- www.ase.org/directoriomexico
- www.conservaenergia.com

Alliance to Save Energy (ASE Washington, D.C.)

- Chris Godlove

Cgodlove@ase.org

Stephanie Campbell

- Scampbell@ase.org

Alianza para el Ahorro de Energía en México

- Arturo Pedraza Martinez

alianzamedico@prodigy.net.com

apedraza@ase.org