

Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante la mejora de la eficiencia energética en las instalaciones de Riego

Ricardo Abadía Sánchez
Universidad Miguel Hernández
Escuela Politécnica Superior de Orihuela
Departamento de Ingeniería. Grupo AEAS
e-mail: abadia@umh.es



www.ecorresponsabilidad.es

Agricultura para una economía baja en carbono
Seminario técnico, 30 de noviembre
Lugar: Salón de actos Consejería de Agricultura y Agua
Plaza Juan XXIII, s/n



CONTENIDO:

1. Emisión de gases de efecto invernadero
2. El Compromiso del Protocolo de Kyoto.
3. Medidas para reducir emisiones.
4. ¿Por qué la necesidad de Ahorrar Energía?
5. La Eficiencia Energética en Regadío
6. Medidas correctoras de la Eficiencia Energética en Regadío
7. Ahorro energético potencial de las medidas correctoras
8. Reducción de emisión de CO₂ de las medidas correctoras
9. Conclusiones

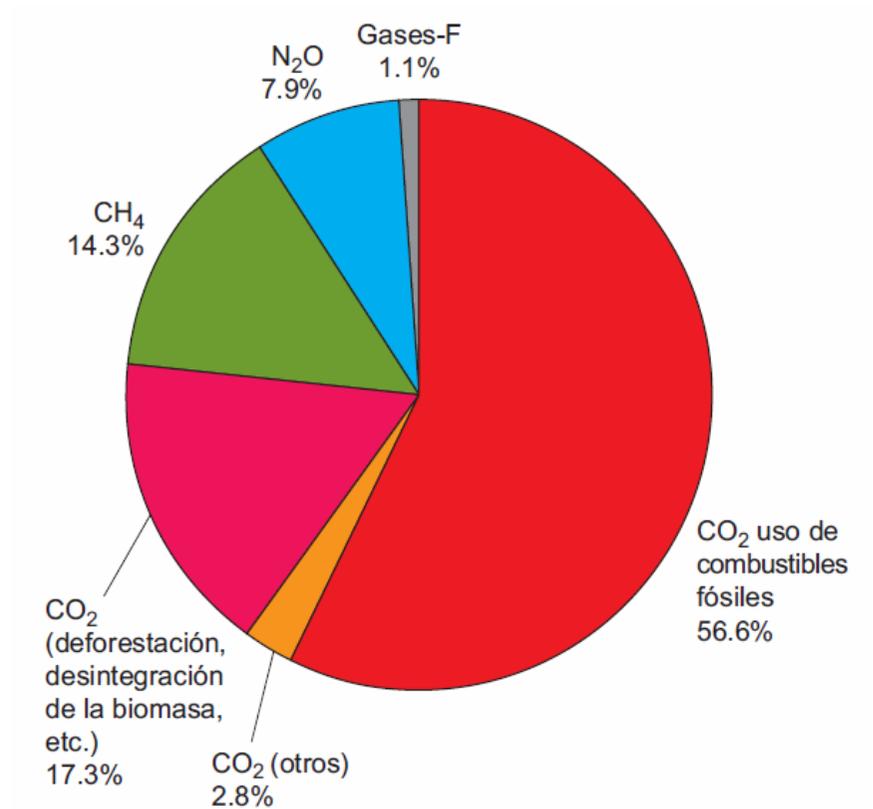
1. Emisión de gases de efecto invernadero

Gases de efecto invernadero:

| Nombre del gas | Procedencia | Fórmula | Potencial de Calentamiento | Contribución real |
|------------------------|---|------------------|----------------------------|-------------------|
| Dióxido de carbono | Combustibles fósiles, biomasa y fabricación de Cemento | CO ₂ | 1 | 76,70% |
| Metano | Fermentación entérica, estiercol, vertederos, etc. | CH ₄ | 25 | 14,30% |
| Óxido nitroso | Fertilizantes, sector energético, estiercol, etc. | N ₂ O | 230 | 7,90% |
| Hidrofluorocarbonos | Refrigeración, aire acondicionado, aerosoles, extintores. | HFC | 15000 | 1,10% |
| Perfluorocarbonos | Producción de Aluminio | PFC | | |
| Hexafluoruro de azufre | Equipos eléctricos | SF ₆ | | |

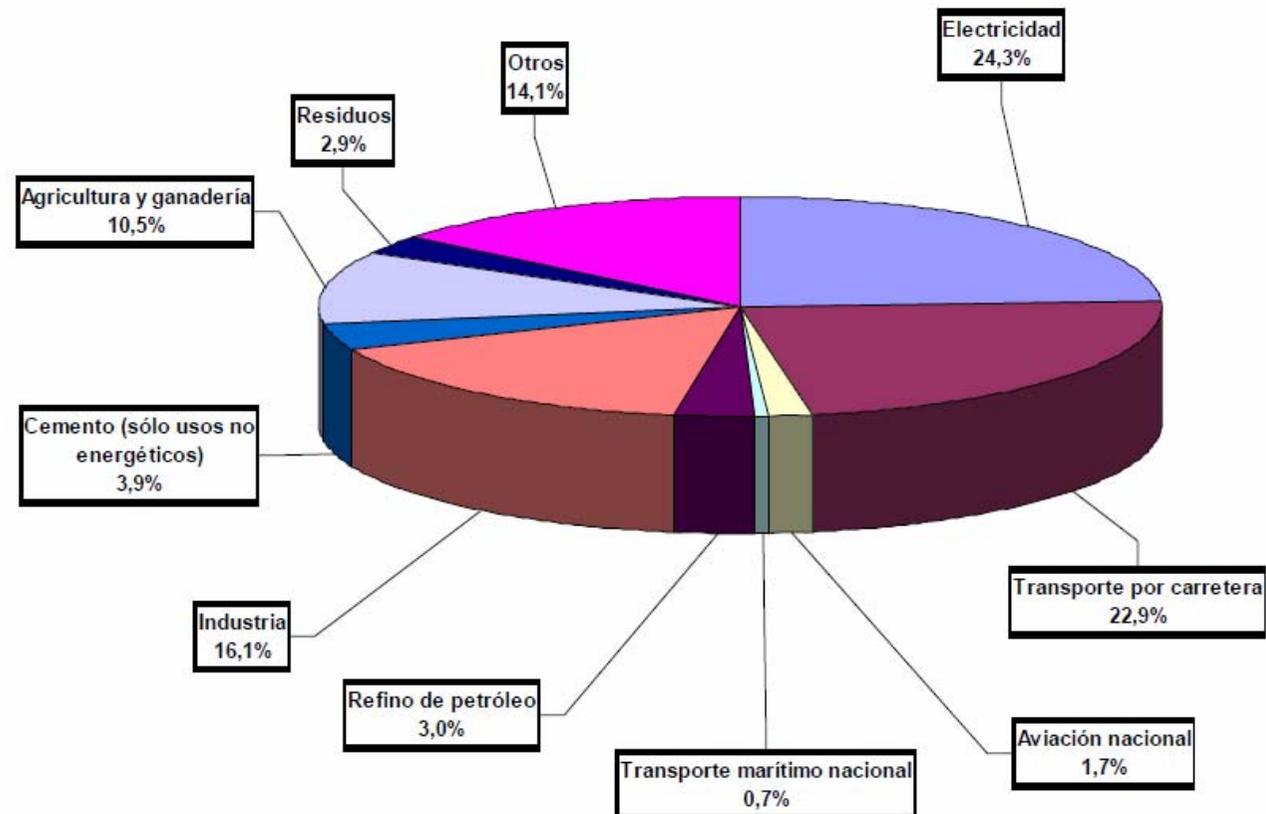
1. Emisión de gases de efecto invernadero

Gases de efecto invernadero:



1. Emisión de gases de efecto invernadero

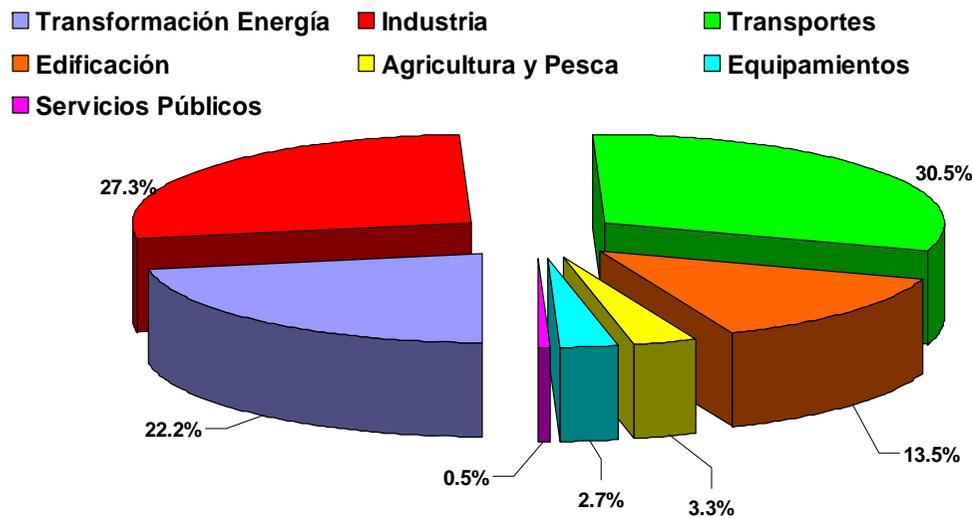
Emisiones CO₂ sectores en 2007



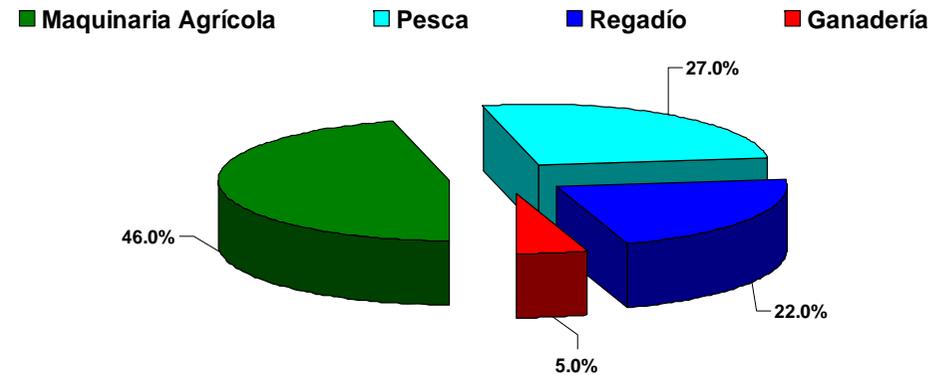
1. Emisión de gases de efecto invernadero

Importancia del regadío:

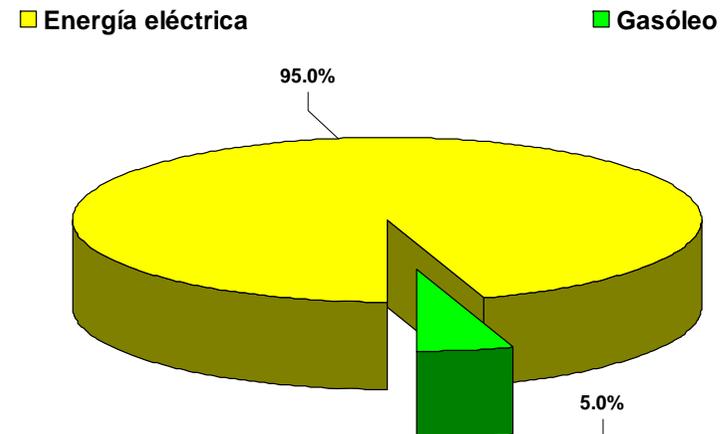
Consumo energía por sectores



Consumo de energía en Agricultura



Procedencia de la energía en regadío



- Consumo energético del regadío: 0,66%
- Consumo energía eléctrica: 0,627%
- Consumo gasóleo: 0,033%

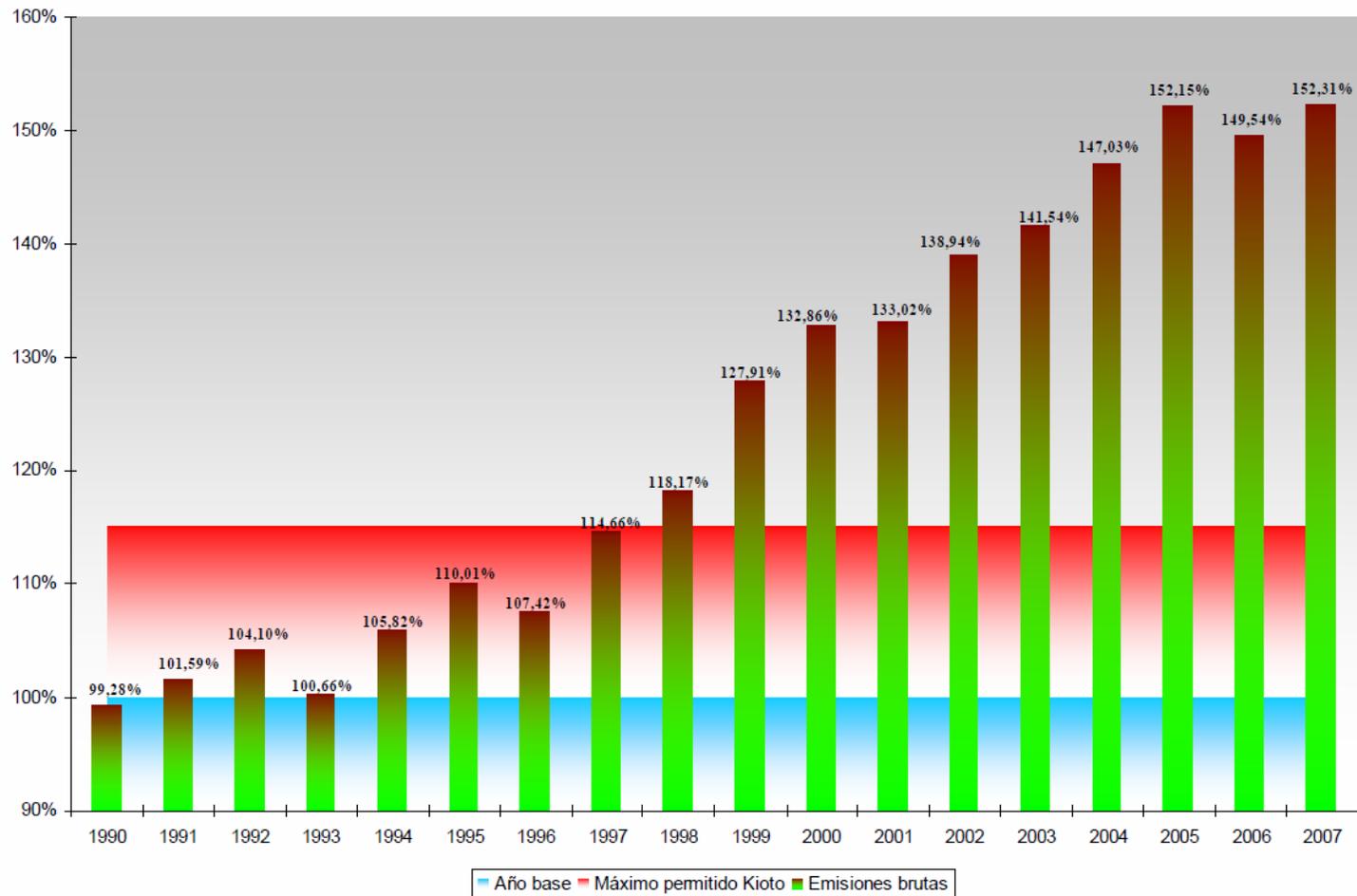
2. El compromiso del Protocolo de Kyoto

- Unión Europea: Reducción de emisiones de un 8% en 2008-2012 respecto a 1990
- España: Aumento de emisiones un 15% en 2008-2012 respecto 1990.
- Previsión UE 2020: -20% respecto a 1990
- Situación España año 2007: +52%
- Niveles exigibles 2012 para España:
 - Compra de derechos de emisión (7%) y sumideros de carbono (2%)
 - Límite cumplimiento Kyoto en 2012: +24%

| <i>País</i> | <i>% de reducción o aumento de las emisiones</i> |
|---------------|--|
| Luxemburgo | -28,0 |
| Alemania | -21,0 |
| Dinamarca | -21,0 |
| Austria | -13,0 |
| Reino Unido | -12,5 |
| Bélgica | -7,5 |
| Italia | -6,5 |
| Países Bajos | -6,0 |
| Finlandia | -2,6 |
| Francia | -1,9 |
| Suecia | +4,0 |
| Irlanda | +13,0 |
| España | +15,0 |
| Grecia | +25,0 |
| Portugal | +27,0 |

2. El compromiso del Protocolo de Kyoto

GRÁFICO 1. EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN ESPAÑA (1990-2007)



3. Medidas para reducir emisiones

- Medidas IPCC 2007:
 - Mejora de la Eficiencia Energética y la Eficiencia de Suministro
 - Sustitución del carbono por gas natural
 - Aumentar el uso de biocarburantes
 - Aumentar el uso de energías renovables
 - Elevar el uso de energía nuclear

3. Medidas para reducir emisiones

- Medidas UE 2007:
 - Que las energías renovables representen el 20% del consumo energético.
 - Que los biocarburantes representen un 10% del consumo de carburantes.
 - Incrementar la eficiencia energética para lograr un ahorro del 20%.

- Medidas España:
 - Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4)
 - Medidas concretas por sectores en PAE4 2005-2007 y PAE4+ 2008-2012

3. Medidas para reducir emisiones

- Objetivos de reducción de emisiones de CO₂ previstos en la E4 por sectores

| SECTORES | 2005-2007 | 2008-2012 | Total E4 | Reducción |
|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|
| | ktCO ₂ | ktCO ₂ | ktCO ₂ | % |
| Industria | 2.442 | 59.165 | 61.607 | 22,8% |
| Transporte | 14.483 | 107.479 | 121.962 | 45,1% |
| Edificación | 3.989 | 35.540 | 39.529 | 14,6% |
| Equipamiento | 2.437 | 9.288 | 11.725 | 4,3% |
| Servicios Públicos | 515 | 3.712 | 4.227 | 1,6% |
| Agricultura y Pesca | 173 | 5.112 | 5.285 | 2,0% |
| Transformación de Energía | 8.424 | 17.834 | 26.258 | 9,7% |
| TOTAL | 32.463 | 238.130 | 270.593 | 100,0% |

3. Medidas para reducir emisiones

- Comparación de los objetivos de emisión de CO₂ previstos en la E4, con las emisiones contempladas en Kyoto

| EMISIONES CO ₂ EN ESPAÑA | ktCO ₂ |
|---|-------------------|
| Emisiones año 1990 (Año base) | 289.733 |
| Emisiones año 2007 | 442.322 |
| Previsión emisiones Kyoto año 2012 (+15%) | 333.193 |
| Emisiones evitadas previstas E4 | 270.593 |
| Emisiones 2007 menos previstas en E4 | 171.729 |
| % previsto en E4 respecto año base | -40,7% |



Tabla 8.5. Plan de Acción 2008-2012 de la E4 +
Medidas del Sector Agricultura y Pesca

es

| MEDIDAS AGRICULTURA Y PESCA | | Plan Acción 2008-2012. Escenario Eficiencia E4 + | | | | | | |
|----------------------------------|------------------|---|------------------------------|--------------------------|------------|---|--------------|--------------|
| | | Inversión (kEuros) | Apoyo Público (kEuros) | Ahorro Energía (ktep) | | Emisiones CO ₂ evitadas (ktCO ₂) | | |
| | | | | 2012 | 2008-2012 | 2012 | 2008-2012 | |
| Formación e Información | 1 | Campaña de comunicación / promoción de técnicas de uso eficiente de la energía en la agricultura | 3.127 | 3.127 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Maquinaria Agrícola | 2 | Incorporación de criterios de eficiencia energética en el Plan de Modernización de la flota de tractores agrícolas | 215.280 | 53.775 | 25 | 107 | 89 | 331 |
| | 6 | Mejora de la eficiencia energética de los tractores en uso mediante la ITV | 22.987 | 7.662 | 224 | 788 | 794 | 3.107 |
| | Total Maquinaria | | 238.267 | 61.437 | 249 | 895 | 883 | 3.438 |
| Agricultura de Regadío | 3 | Impulso para la migración de sistemas de riego por aspersión a sistemas de riego localizado | 190.800 | 954 | 38 | 151 | 156 | 390 |
| | 5 | Plan de Actuaciones de Mejoras Energéticas en Comunidades de Regantes | 10.608 | 2.122 | 38 | 132 | 152 | 587 |
| | Total Regadío | | 201.408 | 3.076 | 76 | 283 | 308 | 977 |
| Pesca | 4 | Mejora del ahorro y la eficiencia energética en el sector Pesquero | 235.221 | 23.522 | 31 | 118 | 108 | 412 |
| Agricultura de Conservación | 7 | Migración a la Agricultura de Conservación (Siembra directa y cubiertas vegetales) | 5.185 | 2.592 | 19 | 107 | 68 | 261 |
| TOTAL AGRICULTURA Y PESCA | | | 683.207 | 93.754 | 375 | 1.402 | 1.368 | 5.088 |

3. Medidas para reducir emisiones

· Medidas en agricultura:

| · Medidas en CCRR: | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | Total 2008-2012 |
|--|------|------|------|------|------|--------------------|
| Apoyo Público (k€) | 399 | 412 | 424 | 437 | 449 | 2.122 |
| Ahorros de Energía (ktep) | 21 | 25 | 29 | 34 | 38 | 146 |
| Emisiones Evitadas (ktCO ₂) | 83 | 101 | 118 | 136 | 152 | 590 |

4. ¿Por qué la necesidad de ahorrar energía?

- **Desde el punto de vista del Interés General:**
 - La energía un recurso cada vez más escaso: En España el 80% energía consumida procede del extranjero.
 - Sistema energético actual insostenible: Los recursos naturales son limitados y crecimiento de la población es ilimitado.
 - El consumo de energía es uno de los principales emisores de los gases de efecto invernadero, y por tanto del cambio climático.
- **Desde el punto de vista del Interés Particular:**
 - Reducción de los costes de producción.
 - Aumento de la vida útil de los equipos consumidores de energía.
 - Incremento de la productividad.

5. La Eficiencia Energética en Regadío

- El ahorro de agua es proporcional al ahorro de energía. No obstante, el ahorro de agua se analiza a través de la eficiencia en el uso del agua, independiente del de ahorro de energía.
- Un sistema de riego será tanto más eficiente energéticamente, cuando para un mismo suministro de agua a la presión necesaria, el consumo energético sea menor.
- ¿Qué es un riego energéticamente eficiente?: El que consume la menor energía posible para suministrar el caudal de riego demandado a la presión necesaria.

5. La Eficiencia Energética en Regadío

- Eficiencia Energética General: Representa la relación entre la energía requerida por los sistemas de riego abastecidos (E_r) y la energía consumida (E_c):

$$EEG = \frac{E_r}{E_c}$$

- Tiene dos componentes que dependen a su vez de la energía suministrada (E_s), la Eficiencia de Suministro Energético (ESE) y la Eficiencia Energética de los Bombes (EEB):

$$EEG = \frac{E_r}{E_c} = \frac{E_r}{E_s} \cdot \frac{E_s}{E_c} = ESE \cdot EEB$$

5. La Eficiencia Energética en Regadío

- ESE: Eficiencia de Suministro Energético: Representa la relación entre la energía requerida por el sistema de riego y la energía suministrada por los bombes. Mide lo bien que está diseñado el sistema de distribución de riego. Se puede obtener en términos de energía o de altura de presión:

$$ESE = \frac{E_r}{E_s} \implies (1) ESE(\%) = \frac{\Delta E}{g \cdot V \cdot H_m} \cdot 100 \quad (2) ESE(\%) = \frac{\Delta H}{ICE} \cdot 100$$

- EEB: Eficiencia Energética de los Bombes: Representa la relación entre la energía suministrada y la energía consumida. Mide lo bien que funcionan los equipos de bombeo. Se puede obtener en términos de energía o de potencia:

$$EEB = \frac{E_s}{E_c} \implies (1) EEB(\%) = \frac{g \cdot V \cdot H_m}{3600 \cdot kWh_f} \cdot 100 \quad (2) EEB(\%) = \frac{Pot. suministrada}{Pot. absorbida} \cdot 100$$

6. Medidas correctoras de la Eficiencia Energética en Regadío

6.1. Medidas basadas en el manejo y/o diseño de la instalación

Mejoran la Eficiencia de Suministro Energético (ESE)

6.2. Medidas basadas en la mejora de los equipos de bombeo

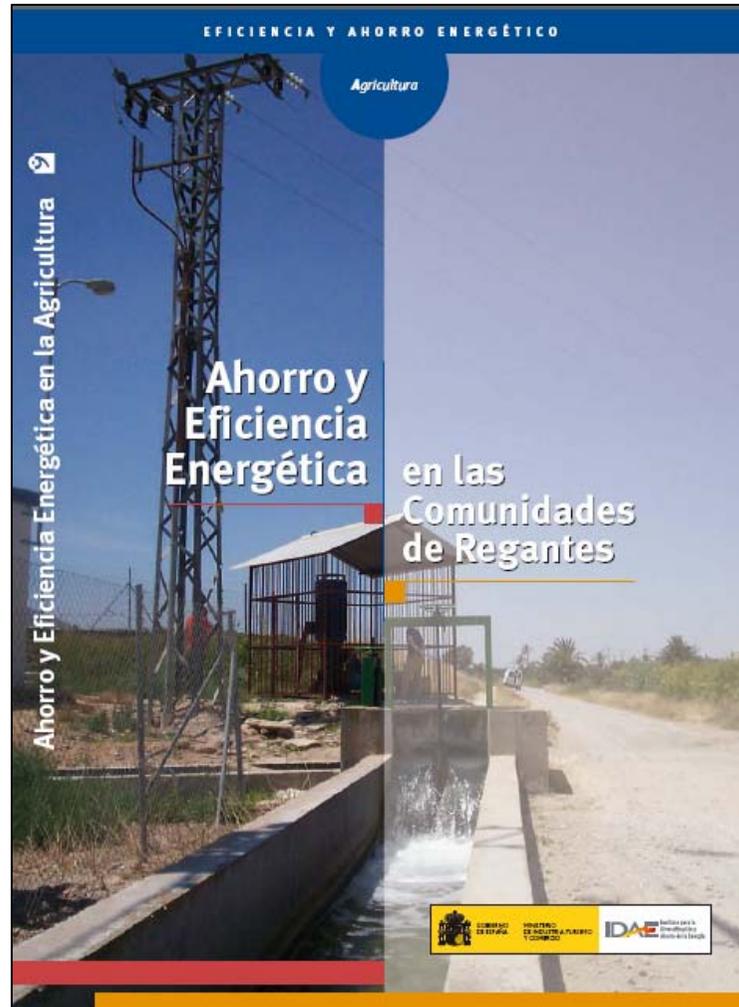
Mejoran la Eficiencia Energética de los Bombeos (EEB)

6.3. Medidas basadas en la mejora de la contratación de la energía

Mejoran la Eficiencia Económica en la contratación

6. Medidas correctoras de la Eficiencia Energética en Regadío

- Medidas correctoras:



6. Medidas correctoras de la Eficiencia Energética en Regadío

- Medidas correctoras:

| | |
|--|---|
| <p>TÍTULO</p> <p>Ahorro y Eficiencia Energética en las Comunidades de Regantes</p> <p>CONTENIDO</p> <p>Esta publicación ha sido redactada por Carmen Rocamora Osorio, Ricardo Abadía Sánchez y Antonio Ruiz Canales del Departamento de Ingeniería de la Universidad Miguel Hernández de Elche para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).</p> <p>.....</p> <p>Esta publicación está incluida en el fondo editorial del IDAE, en la serie "Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura".</p> <p>Cualquier reproducción, total o parcial, de la presente publicación debe contar con la aprobación del IDAE.</p> <p>.....</p> <p>Depósito Legal: M-26382-2008 ISBN: 978-84-96680-27-2</p> <p>.....</p> <p>IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía c/ Madera, 8 E - 28004 - Madrid comunicacion@idae.es www.idae.es</p> <p>Madrid, abril 2008</p> | <p>Índice Página</p> <hr/> <p>Prólogo 5</p> <p>Introducción 7</p> <p>1 Características de las comunidades de regantes 11</p> <p>2 Puntos críticos de consumo energético 13</p> <p>3 Medidas de ahorro y eficiencia energética en el diseño y manejo de la instalación 15</p> <p>3.1 Sectorización de instalaciones por sectores de cota homogénea 15</p> <p>3.2 Reorganización del reparto de agua en turnos de misma demanda energética 17</p> <p>3.3 Evitar el uso de válvulas reductoras de presión 17</p> <p>3.4 Automatización de instalaciones colectivas con sondas de presión en puntos críticos 18</p> <p>3.5 Establecer un protocolo de mantenimiento periódico de instalaciones 19</p> <p>3.6 Cambios en el manejo de las instalaciones según las nuevas necesidades 21</p> <p>4 Medidas de ahorro y eficiencia energética en los equipos de bombeo. 23</p> <p>4.1 Dimensionado de los grupos de bombeo para caudales de funcionamiento habitual de la instalación 23</p> <p>4.2 Instalación de pequeños grupos de bombeo en paralelo con al menos dos bombas de velocidad variable 24</p> <p>4.3 Instalar equipos de control electrónico como arrancadores estáticos 26</p> |
|--|---|

6. Medidas correctoras de la Eficiencia Energética en Regadío

- Medidas correctoras:

| | |
|--|-----------|
| 4.4 Simulación del proceso de puesta en marcha de los grupos de bombeo en función de la demanda real | 26 |
| 4.5 Mejoras en el factor de potencia de los equipos | 26 |
| 4.6 Mantenimiento de equipos | 27 |
| 4.7 Cambios en el manejo de los equipos según las necesidades. | 28 |
| 5 Medidas de ahorro en la contratación de las tarifas eléctricas | 29 |
| 5.1 Estudiar la tarifa eléctrica más ajustada a la potencia demandada y consumo real | 29 |
| 5.2 Contratar la potencia realmente utilizada | 30 |
| 5.3 Ajustar el consumo energético a la discriminación horaria | 31 |
| 6 Valoración de las medidas de ahorro y eficiencia energética | 33 |
| 7 Auditorías energéticas en comunidades de regantes | 35 |
| 8 Recomendaciones para incrementar el ahorro y la eficiencia energética | 37 |
| Bibliografía | 39 |

Prólogo

La importancia del consumo energético del sector de agricultura y pesca, comparada con el resto de sectores, es pequeña; sin embargo, en los trabajos mecanizados de cultivo su consumo de energía es significativo.

En términos energéticos, el sector ha disminuido su participación sobre el consumo de energía final, consumo básicamente centrado en combustibles derivados del petróleo y la energía eléctrica.

A pesar de esta evolución, los indicadores tendenciales para los próximos años vienen a señalar que en el horizonte del 2012 se puede producir un incremento del consumo de energía, sobre la base de los diversos cambios previstos en las técnicas de laboreo agrícola, y del paulatino incremento y modernización de superficies de regadío puestas en producción frente al secano.

El IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), creyendo que existe un margen de actuación en este sector para incrementar su eficiencia energética a través de la adopción de diversas medidas y actuaciones, las ha agrupado en la Estrategia de Eficiencia Energética en España desarrollada mediante sus Planes de Acción 2005-2007 y 2008-2012.



En estos Planes de Acción, como una de las primeras medidas a favor del ahorro y la eficiencia energética, se prevé la realización de medidas de formación e información de técnicas de uso eficiente de la energía en la agricultura, con el fin de introducir y concienciar a los agentes del sector sobre la importancia del concepto de eficiencia energética.

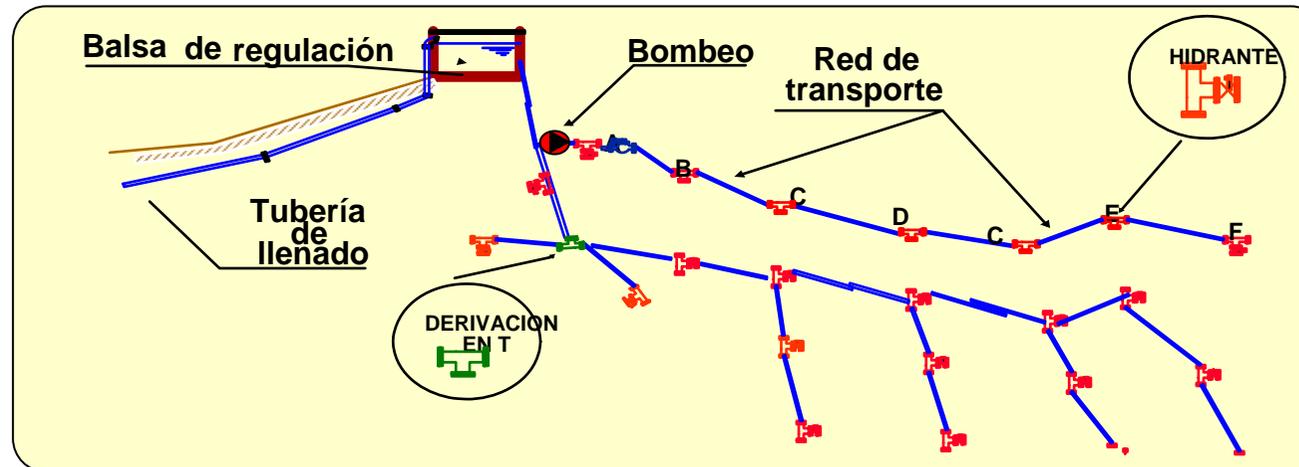
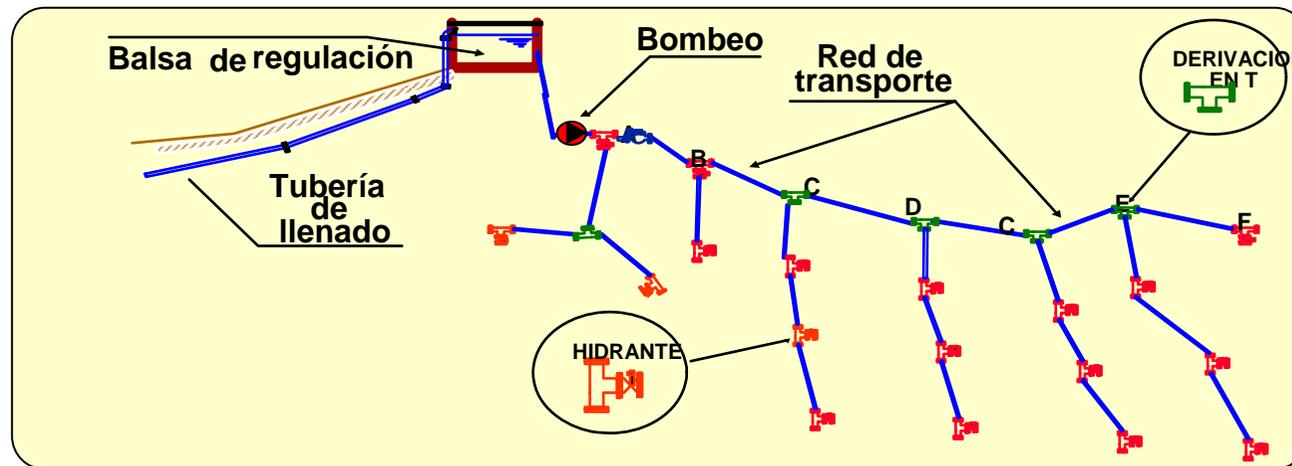
Conscientes de que el agricultor puede tener una incidencia en el ahorro energético consiguiendo paralelamente un ahorro económico para su explotación, el IDAE, siempre contando con la colaboración del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, está realizando una serie de acciones en materia de formación, información y difusión de técnicas y tecnologías de eficiencia energética en el sector. Una de estas acciones es el desarrollo de una línea editorial en

6.1. Medidas correctoras de la eficiencia energética basadas en el manejo y/o diseño de las instalaciones

1. Sectorización de instalaciones por sectores de cota homogénea
2. Reorganización del reparto de agua en turnos de misma demanda energética
3. Diseñar las redes para evitar la instalación de válvulas reductoras de presión en tuberías principales
4. Establecer un protocolo de mantenimiento periódico de instalaciones
5. Cambio en el manejo de las Instalaciones según las nuevas necesidades

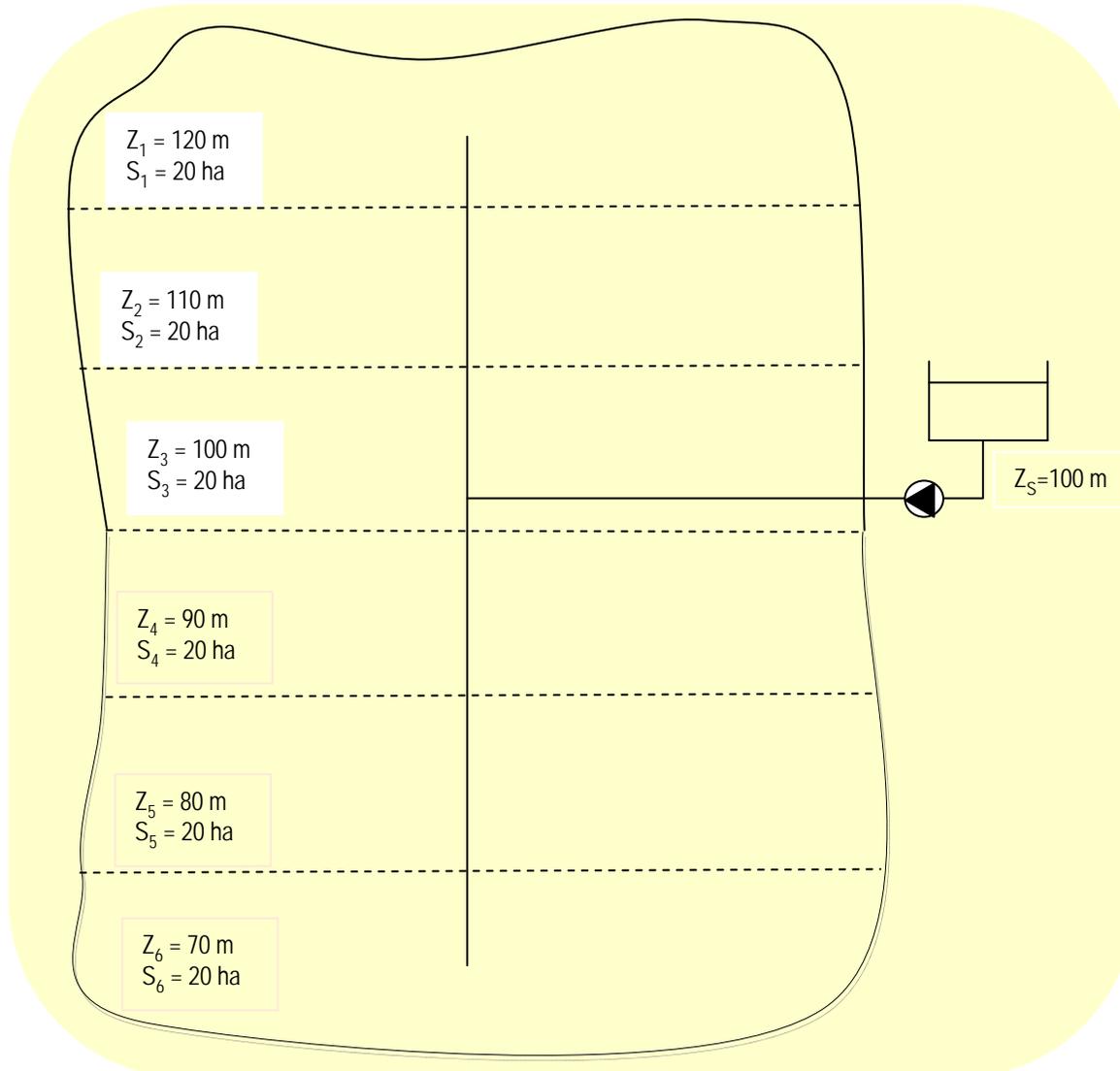
6.1. Medidas correctoras de la eficiencia energética basadas en el manejo y/o diseño de las instalaciones

1. Sectorización de instalaciones por sectores de cota homogénea



6.1. Medidas correctoras de la eficiencia energética basadas en el manejo y/o diseño de las instalaciones

Ejemplo 1:

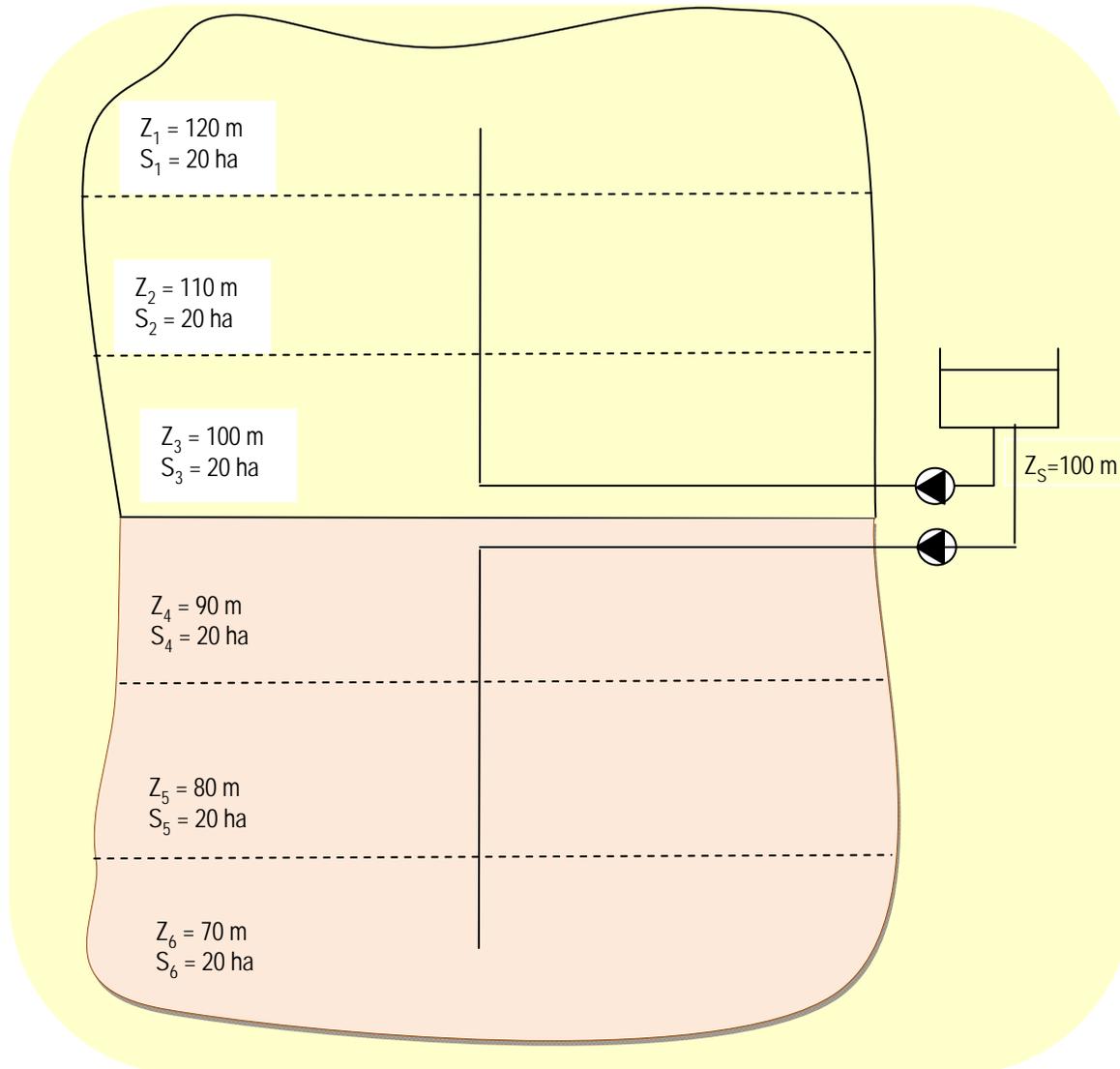


- Red de distribución a presión
- - Superficie riego: 120 ha
- - Dotación: 5.000 m³/ha
- - Volumen anual: 600.000 m³
- - Presión hidrantes: 30 m
- - h tuberías: 10 m
- - Rendimiento bombeo: 0,6
- Altura manométrica bombeo:
- - H bombeo = $\Delta Z + P + h = 60$ m
- Energía anual consumida:

$$E = \frac{\rho \cdot g \cdot V \cdot H_m}{3.600 \cdot 10^3 \cdot \eta} \quad (kWh)$$

$$E = \frac{9,81 \cdot 600.000 \cdot 60}{3.600 \cdot 0,60} = 163.500 \text{ kWh}$$

6.1. Medidas correctoras de la eficiencia energética basadas en el manejo y/o diseño de las instalaciones



- Continuación Ejemplo 1:
- División en 2 sectores
- - A: 60 ha entre cotas 100 y 120
- - B: 60 ha entre cotas 70 y 90
- Altura manométrica Sector B:
- ΔZ bombeo riego: -10 m
- - H bombeo = -10 + 30 + 10 = 30 m
- Energía anual consumida:

$$E_A = \frac{9,81 \cdot 300.000 \cdot 60}{3.600 \cdot 0,60} = 81.750 \text{ kWh}$$

$$E_B = \frac{9,81 \cdot 300.000 \cdot 30}{3.600 \cdot 0,60} = 40.875 \text{ kWh}$$

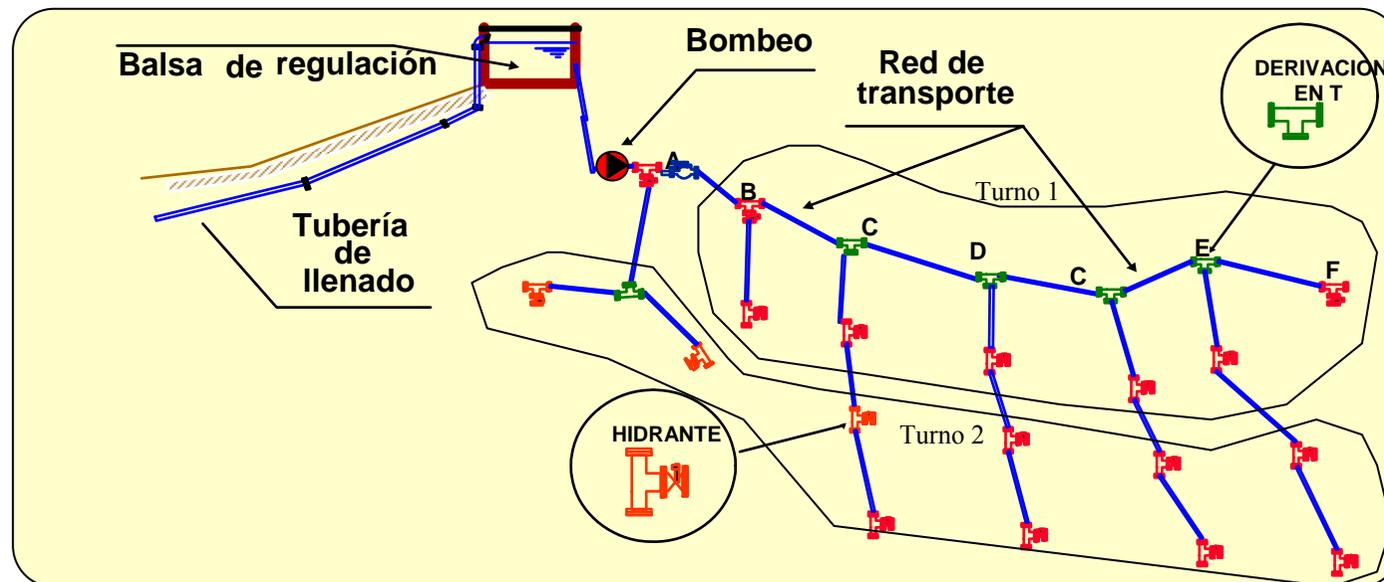
$$\text{Energía total} = 122.625 \text{ kWh}$$

$$\text{Ahorro} = 163.500 - 122.625 = 40.875 \text{ kWh}$$

Ahorro energético: 25%

6.1. Medidas correctoras de la eficiencia energética basadas en el manejo y/o diseño de las instalaciones

2. Reorganización del reparto de agua en turnos de misma demanda energética



6.1. Medidas correctoras de la eficiencia energética basadas en el manejo y/o diseño de las instalaciones

3. Diseñar las redes para evitar la instalación de válvulas reductoras de presión en tuberías principales, sustituyendo dichas válvulas por microturbinas para la generación de energía.



6.1. Medidas correctoras de la eficiencia energética basadas en el manejo y/o diseño de las instalaciones

4. Establecer un protocolo de mantenimiento periódico de instalaciones
 - Comprobar periódicamente el consumo energético de los bombeos.
 - Realizar revisiones periódicas de válvulas de corte, ventosas, válvulas de desagüe, válvulas de retención, válvulas de alivio, etc.
 - Realizar revisiones periódicas de los sistemas de limpieza de filtros.
 - Revisar el funcionamiento de las válvulas de pié de los bombeos.
 - Evitar la proliferación del ovas y algas en las balsas de riego.
 - Mantener cerrados los by-pass en las válvulas de retención a inicio de los bombeos.

6.1. Medidas correctoras de la eficiencia energética basadas en el manejo y/o diseño de las instalaciones

4. Establecer un protocolo de mantenimiento periódico de instalaciones



6.1. Medidas correctoras de la eficiencia energética basadas en el manejo y/o diseño de las instalaciones

4. Establecer un protocolo de mantenimiento periódico de instalaciones



6.1. Medidas correctoras de la eficiencia energética basadas en el manejo y/o diseño de las instalaciones

4. Establecer un protocolo de mantenimiento periódico de instalaciones



6.1. Medidas correctoras de la eficiencia energética basadas en el manejo y/o diseño de las instalaciones

5. Cambio en el manejo de las Instalaciones según las nuevas necesidades



6.2. Medidas correctoras de la eficiencia energética basadas en la mejora de los equipos de bombeo

1. Dimensionado de los grupos de bombeo para caudales de funcionamiento habitual de la instalación.
2. Instalación de pequeños grupos de bombeo en paralelo con al menos dos bombas de velocidad variable.
3. Mejora del factor de potencia

6.2. Medidas correctoras de la eficiencia energética basadas en la mejora de los equipos de bombeo

1. Dimensionado de los grupos de bombeo para caudales de funcionamiento habitual de la instalación.
 - Aspectos considerados en el dimensionado de equipos de bombeo:
 - Se dimensionan para la dotación máxima de agua de la zona regable.
 - Se dimensionan para el 100% de la superficie de regable.
 - Se dimensionan para el mes de máximo consumo.
 - Aspectos normales de funcionamiento:
 - Las dotaciones de agua suelen oscilar, siendo frecuentes las situaciones de escasez frente a las de exceso, sobre todo en el sur de España, por lo que no se bombea lo inicialmente previsto.
 - No toda la superficie regable se moderniza, siendo habitual que la superficie regada por las redes a presión sea menor que la superficie regable.
 - Se riega durante todo el año, no solo en el mes de máximo consumo.

6.2. Medidas correctoras de la eficiencia energética basadas en la mejora de los equipos de bombeo

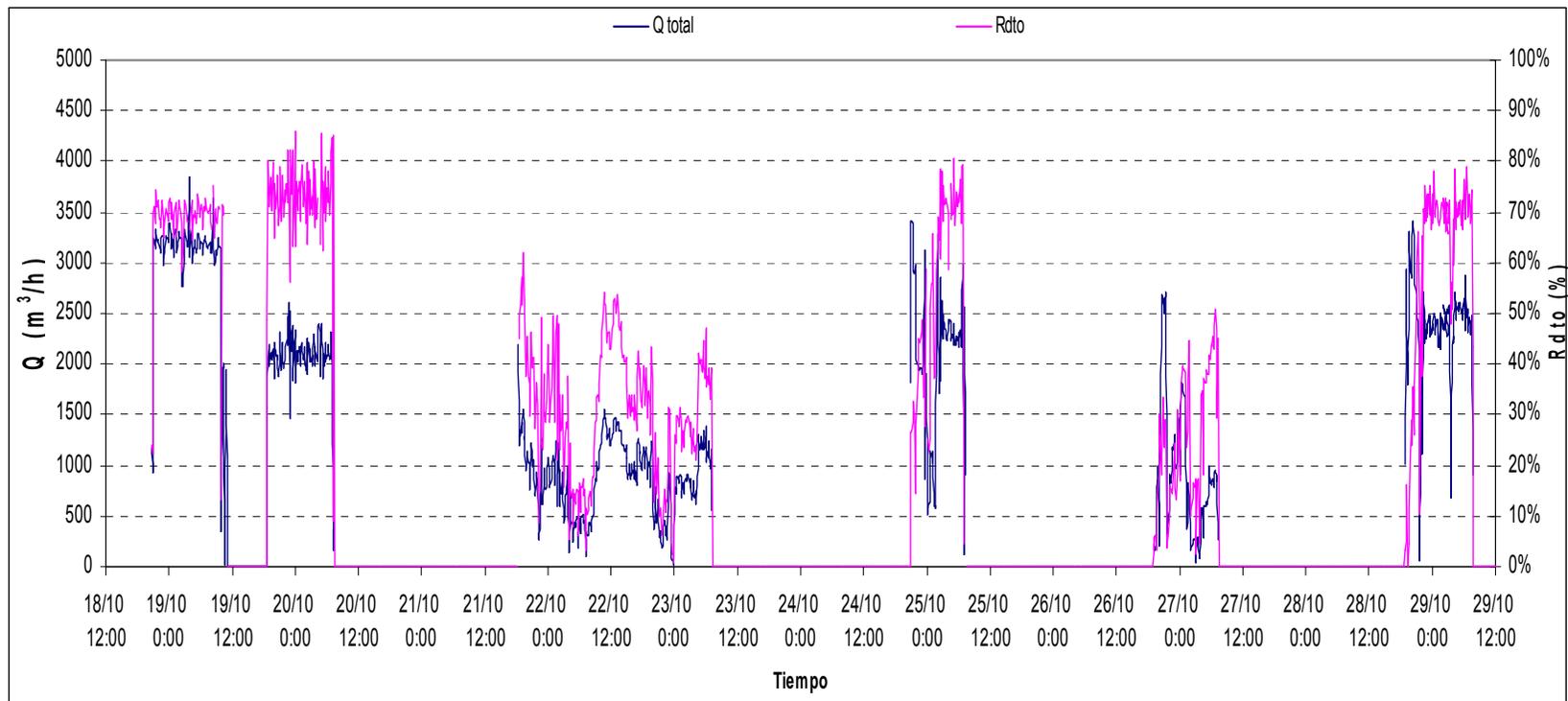
1. Dimensionado de los grupos de bombeo para caudales de funcionamiento habitual de la instalación.
 - Consecuencias:
 - Sobredimensionado de equipos de bombeo.
 - Excesivo consumo energético.
 - Bajos rendimientos.
 - Ejemplo 3:
 - Estación de bombeo con 4 bombas de 2500 m³/h cada una
 - Demanda de agua máxima actual entre 600 y 4000 m³/h
 - Rendimientos actuales para caudales superiores a 2000 m³/h, del 60 – 70%
 - Rendimientos actuales para caudales inferiores a 1000 m³/h, del 15 – 36%

6.2. Medidas correctoras de la eficiencia energética basadas en la mejora de los equipos de bombeo



6.2. Medidas correctoras de la eficiencia energética basadas en la mejora de los equipos de bombeo

1. Dimensionado de los grupos de bombeo para caudales de funcionamiento habitual de la instalación.



6.2. Medidas correctoras de la eficiencia energética basadas en la mejora de los equipos de bombeo

1. Dimensionado de los grupos de bombeo para caudales de funcionamiento habitual de la instalación.
 - Continuación Ejemplo 3:
 - Se puede sustituir uno de los grupos existentes o instalar un grupo nuevo, cuyo caudal nominal sea de alrededor de 1000 m³/h. Con ello se conseguiría el siguiente ahorro energético y económico:

| | Situación inicial | Situación final | Ahorro |
|--|-------------------|-----------------|------------|
| Potencia actual (kW) | 314 | 145 | |
| Caudal nominal de la bomba (m ³ /h) | 2500 | 1080 | |
| Eficiencia energética (%) | 40 | 65 | |
| Consumo energético (kWh) | 1.235.806,00 | 570.372,00 | 665.434,00 |
| Coste económico bruto (€/año) * | 88.667,84 | 40.923,62 | 47.744,22 |
| Aumento de costes mantenimiento (€/año) | | 500 | |
| Ahorro económico (€/año) | | | 50.957,00 |
| Coste inversión (€) | 45.330,00 | | |
| Periodo de amortización (años) | 0,89 | | |

6.2. Medidas correctoras de la eficiencia energética basadas en la mejora de los equipos de bombeo

2. Instalación de pequeños grupos de bombeo en paralelo con al menos dos bombas de velocidad variable.
 - Aconsejable para bombeos que inyectan directamente a la red: Demanda variable.
 - La instalación de un variador de velocidad mejora el rendimiento entre un 4 y un 10% respecto a una bomba fija. Si el rendimiento sin variador es muy bajo (p.e. 30%), el variador lo puede mejorar ligeramente, pero seguirá siendo muy bajo.
 - La mejor solución es sustituir una de las bomba de la estación de bombeo, por dos de la misma altura y la mitad de caudal. De esta forma cuando los caudales sean bajos sólo funcionará una bomba pequeña, conforme aumenten entrará la segunda bomba, y cuando necesite la tercera bomba, arrancará una de las bombas de mayor caudal y pararán las dos pequeñas, quedando una de ellas en funcionamiento con el variador accionado a bajas revoluciones.

6.2. Medidas correctoras de la sadas en la e bombeo



6.2. Medidas correctoras de la eficiencia energética basadas en la



6.2. Medidas correctoras de la



2



6.2. Medidas correctoras de la eficiencia energética basadas en la mejora de los equipos de bombeo

3. Mejora del factor de potencia

- El factor de potencia da una idea de la eficiencia con que se está utilizando la energía eléctrica para producir un trabajo útil.
- Un factor de potencia bajo provoca:
 - Mayor intensidad de corriente
 - Mayores pérdidas en los conductores y fuertes caídas de tensión
 - Incrementos de potencia de las instalaciones y transformadores
 - Reducción de su vida útil
 - Mayor coste de la energía: Si $f < 0,95$ Recargo
- Es necesaria la instalación de baterías de condensadores
- El plazo de amortización de los condensadores es muy corto

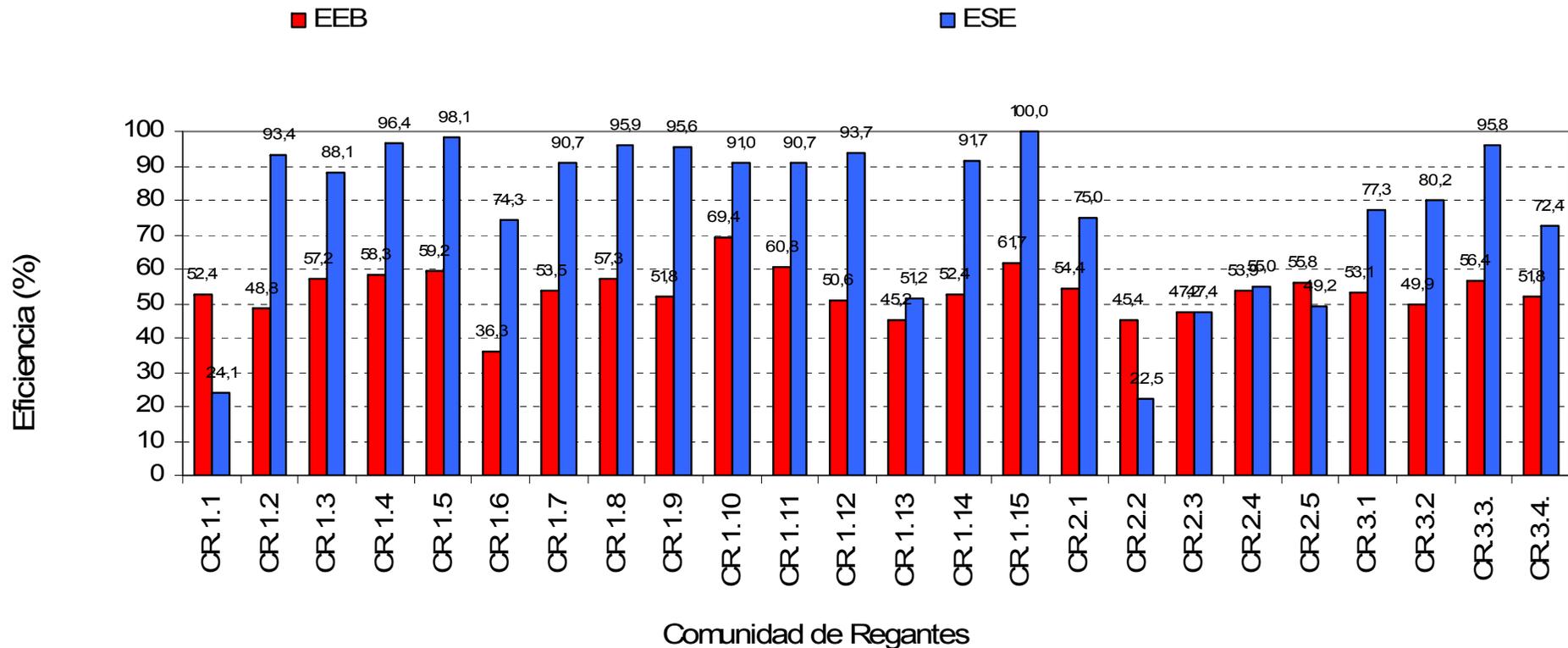
7. Ahorro energético potencial de las medidas correctoras

- Características las Comunidades de Regantes estudiadas:

| CCRR | S (ha) | V (m ³) | Ea (kWh) |
|---------|------------------|-----------------------|----------------------|
| CR.1.1 | 515,09 | 958.041,00 | 309.882,00 |
| CR.1.2 | 107,46 | 128.037,00 | 151.880,00 |
| CR.1.3 | 245,10 | 1.762.153,00 | 1.160.716,00 |
| CR.1.4 | 103,78 | 100.058,00 | 104.695,79 |
| CR.1.5 | 1.646,60 | 11.389.385,00 | 7.548.256,00 |
| CR.1.6 | 551,37 | 509.090,00 | 524.804,00 |
| CR.1.7 | 136,16 | 120.996,05 | 112.118,00 |
| CR.1.8 | 779,56 | 3.595.615,00 | 4.754.461,00 |
| CR.1.9 | 274,70 | 927.084,00 | 941.715,00 |
| CR.1.10 | 123,30 | 142.771,05 | 146.111,00 |
| CR.1.11 | 388,92 | 2.243.581,00 | 2.422.933,00 |
| CR.1.12 | 590,41 | 2.939.572,00 | 2.216.185,00 |
| CR.1.13 | 1.732,40 | 1.304.215,00 | 1.070.535,00 |
| CR.1.14 | 951,23 | 5.047.527,00 | 5.469.093,00 |
| CR.1.15 | 675,78 | 618.174,49 | 580.968,00 |
| CR.2.1 | 3.332,50 | 3.840.050,00 | 1.116.684,00 |
| CR.2.2 | 1.747,00 | 2.237.559,00 | 1.399.685,93 |
| CR.2.3 | 778,37 | 947.700,00 | 2.619.112,00 |
| CR.2.4 | 656,31 | 2.050.200,00 | 1.062.334,55 |
| CR.2.5 | 766,07 | 1.458.024,70 | 1.818.069,00 |
| CR.3.1 | 12.728,00 | 44.946.447,00 | 11.203.885,00 |
| CR.3.2 | 6.745,00 | 7.675.533,00 | 683.613,00 |
| CR.3.3. | 1.284,00 | 3.606.213,10 | 3.644.046,00 |
| CR.3.4. | 3.933,00 | 11.545.035,74 | 21.983.391,35 |
| | 40.792,11 | 110.093.062,13 | 73.045.173,62 |

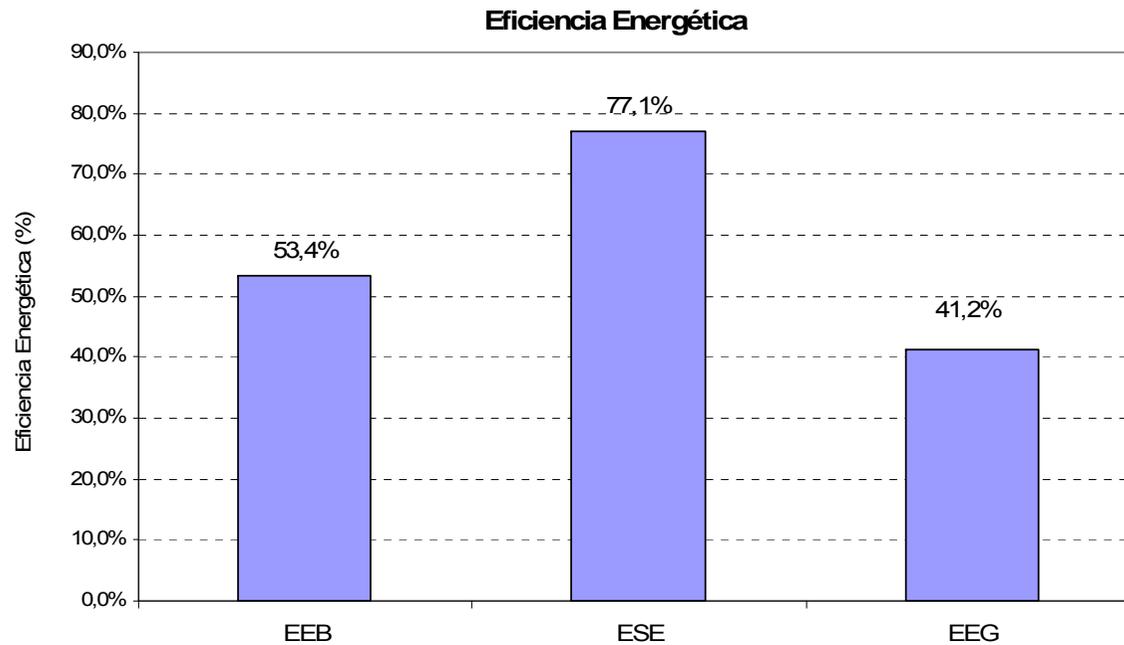
7. Ahorro energético potencial de las medidas correctoras

- Características las Comunidades de Regantes estudiadas:
EEB y ESE obtenido por CCRR



7. Ahorro energético potencial de las medidas correctoras

- Características las Comunidades de Regantes estudiadas:
Valores medios de EEB, ESE y EEG



7. Ahorro energético potencial de las medidas correctoras

- Características las Comunidades de Regantes estudiadas:

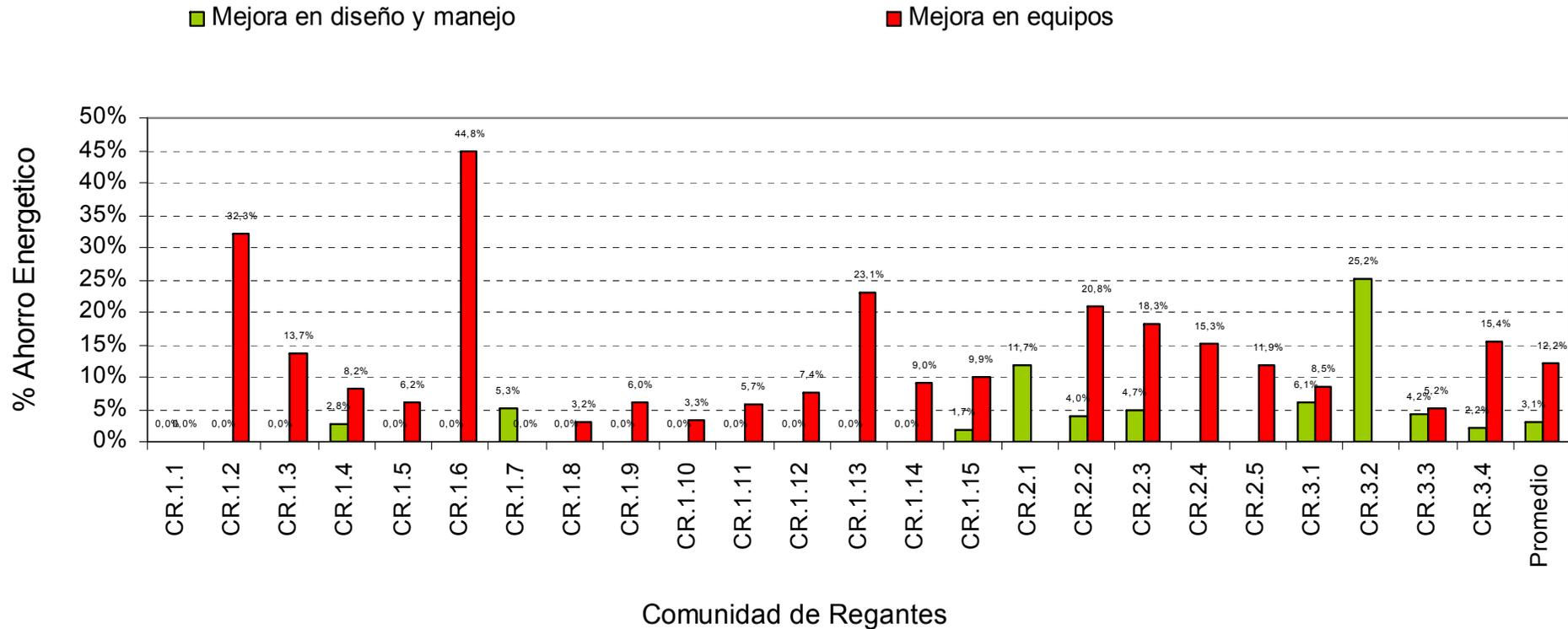
Clasificación: EEG: **Buena**; EEB: **Normal**

| CALIFICACIÓN | DESCRIPCIÓN | ESPECIFICACIONES |
|--------------|---------------------------------|------------------------|
| A | EFICIENCIA EXCELENTE | EEG > 50% |
| B | EFICIENCIA BUENA (41,2%) | 40% ≤ EEG ≤ 50% |
| C | EFICIENCIA NORMAL | 30% ≤ EEG < 40% |
| D | EFICIENCIA ACEPTABLE | 25% ≤ EEG < 30% |
| E | EFICIENCIA NO ACEPTABLE | EEG < 25% |

| CALIFICACIÓN | DESCRIPCIÓN | ESPECIFICACIONES |
|--------------|----------------------------------|------------------------|
| A | EFICIENCIA EXCELENTE | EEB > 65% |
| B | EFICIENCIA BUENA | 60% ≤ EEB ≤ 65% |
| C | EFICIENCIA NORMAL (53,4%) | 50% ≤ EEB ≤ 60% |
| D | EFICIENCIA ACEPTABLE | 45% ≤ EEB ≤ 50% |
| E | EFICIENCIA NO ACEPTABLE | EEB < 45% |

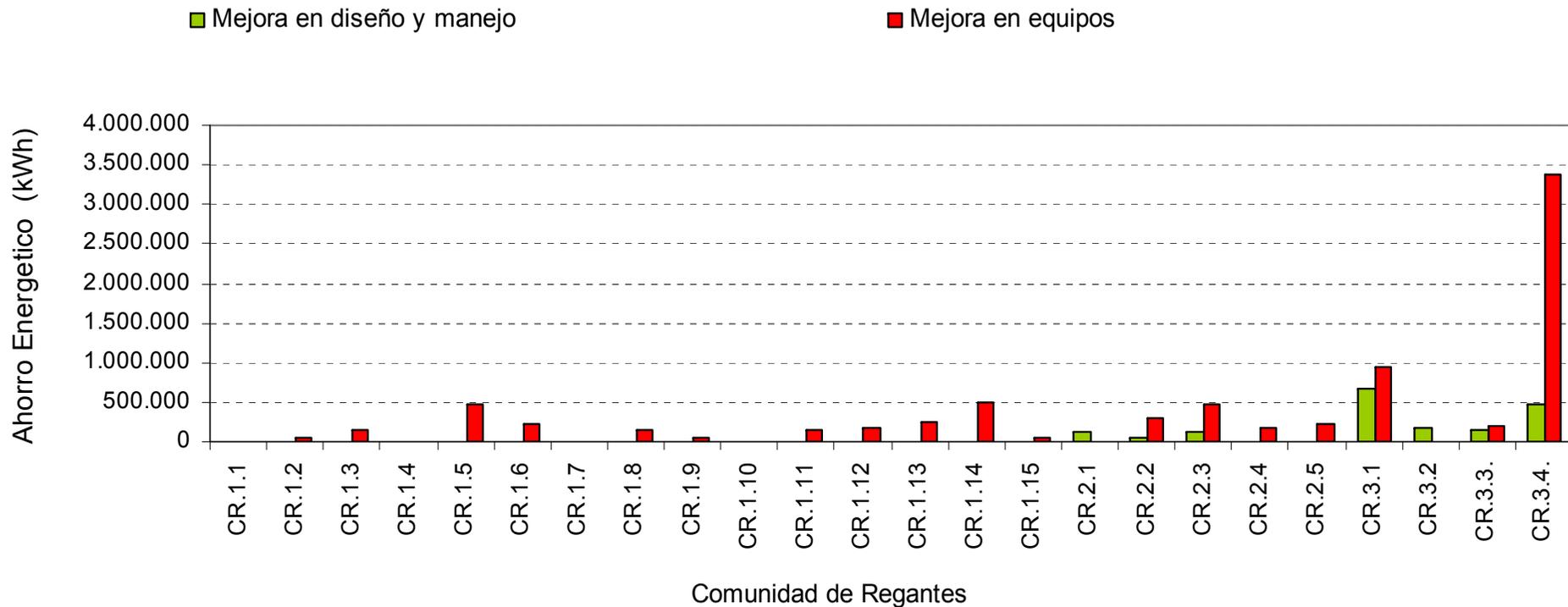
7. Ahorro energético potencial de las medidas correctoras

- Ahorro energético de las medidas propuestas en 24 Comunidades de Regantes:



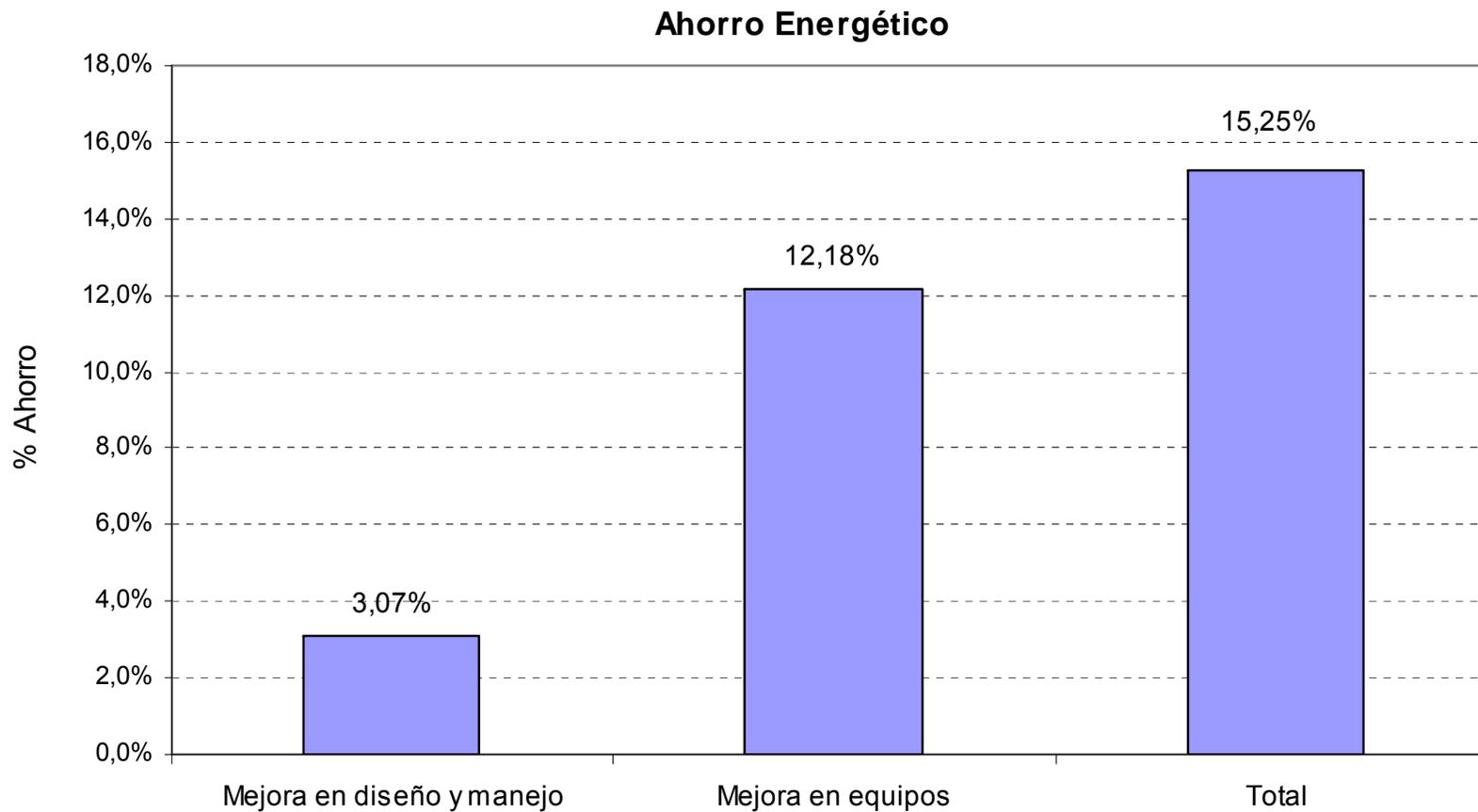
7. Ahorro energético potencial de las medidas correctoras

- Ahorro energético de las medidas propuestas en 24 Comunidades de Regantes:



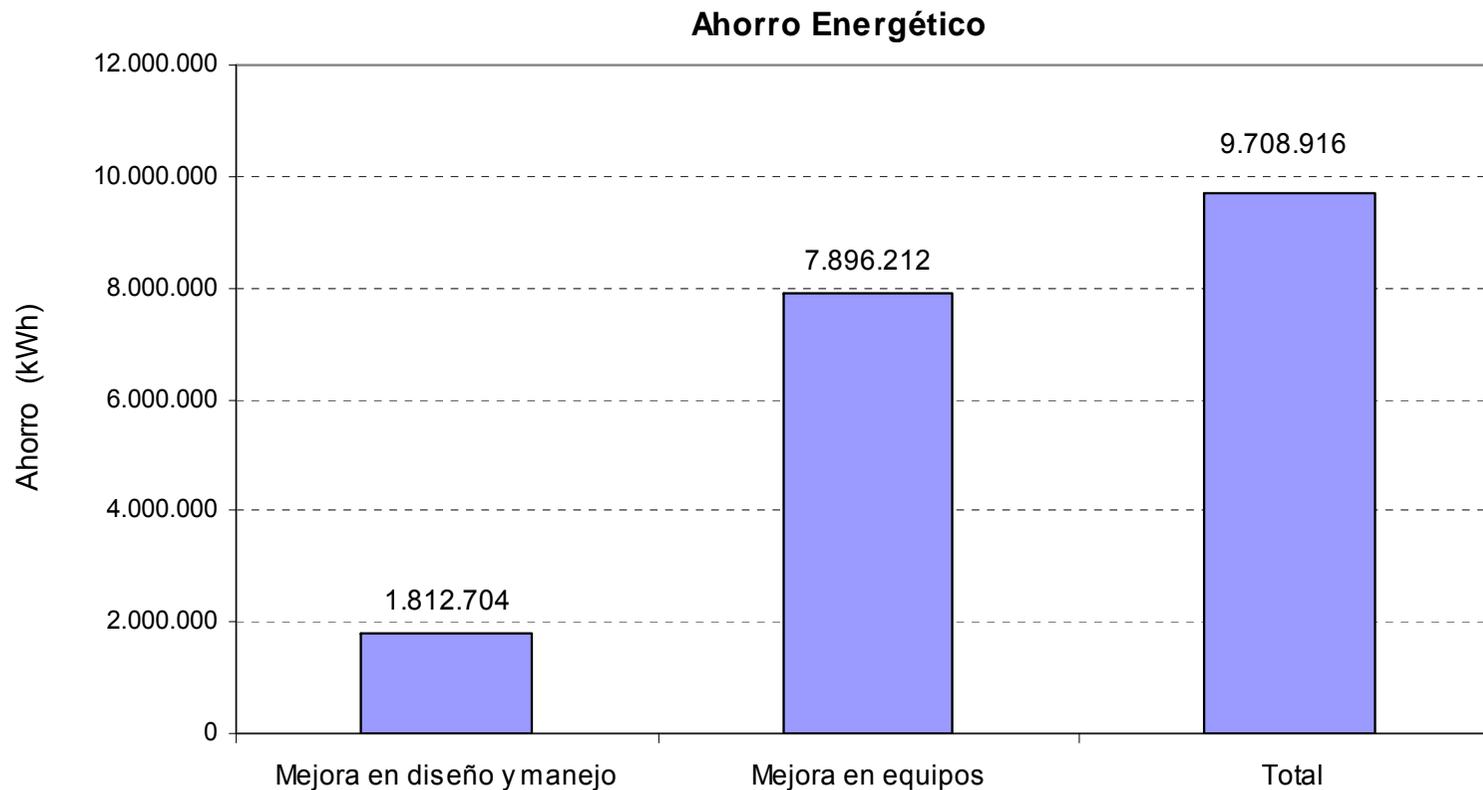
7. Ahorro energético potencial de las medidas correctoras

- Ahorro energético promedio de las medidas propuestas en 24 CCRR:



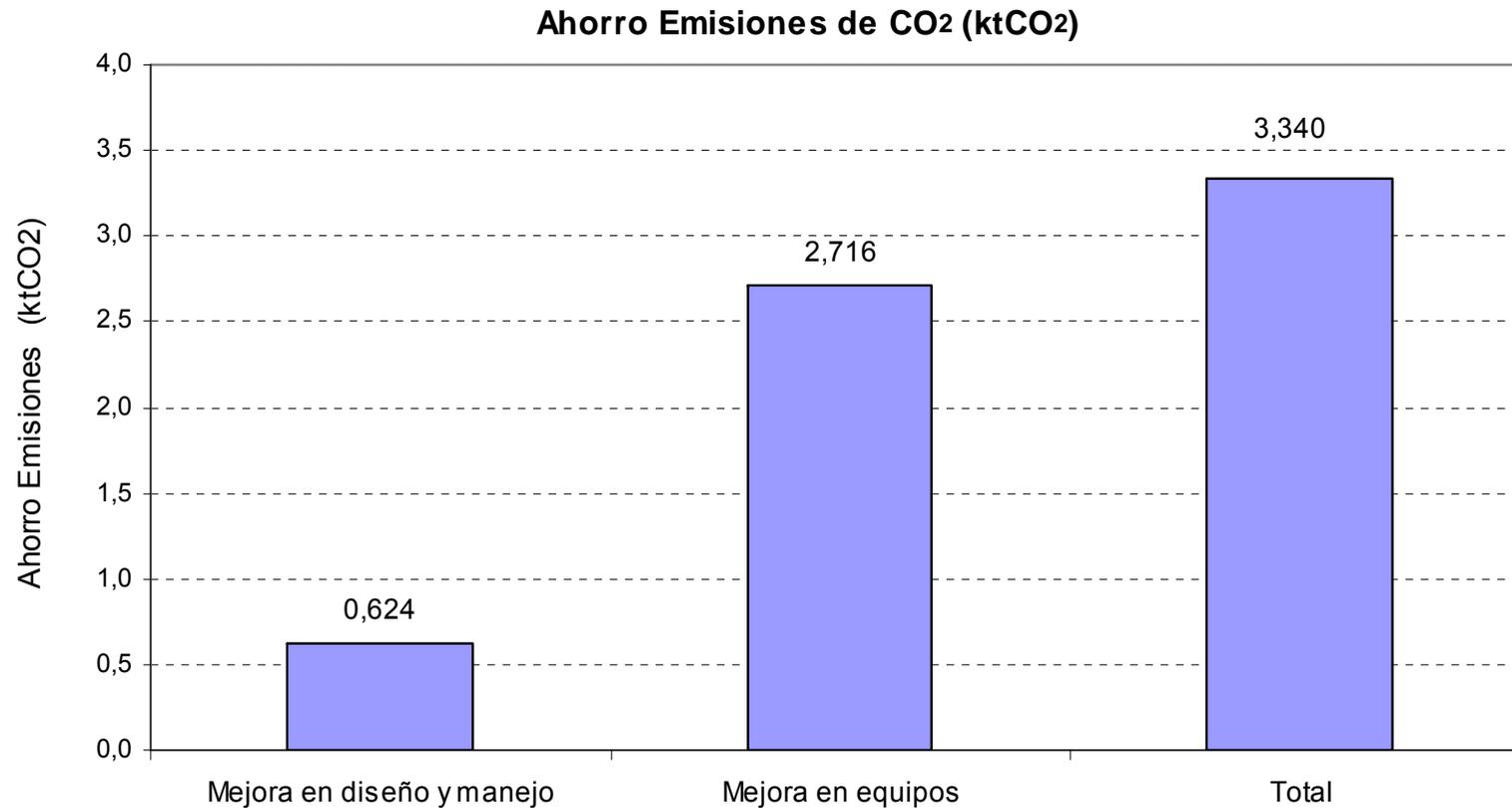
7. Ahorro energético potencial de las medidas correctoras

- Ahorro energético total medidas propuestas en 24 CCRR:



8. Reducción de emisiones de CO₂ de las medidas correctoras

- Ahorro de emisiones de CO₂ total medidas propuestas en 24 CCRR:



8. Reducción de emisiones de CO₂ de las medidas correctoras

- Ahorro potencial de emisiones de CO₂ del regadío en España:

| | Zona estudio | España |
|---|--------------------------|-----------------------------|
| Superficie regadío | 40.792,11 ha | 3.224.000 ha |
| Consumo energético regadío | 73.045,17 MWh | 11.524.418,60 MWh |
| Emisiones de CO ₂ año 2007 del regadío | 25,128 ktCO ₂ | 3.964,400 ktCO ₂ |
| Reducción de emisiones de las medidas de mejora en el diseño y manejo | 0,624 ktCO ₂ | 49,284 ktCO ₂ |
| Reducción de emisiones de las medidas en los equipos | 2,716 ktCO ₂ | 214,682 ktCO ₂ |
| Reducción de emisiones totales de CO ₂ | 3,340 ktCO ₂ | 263,966 ktCO ₂ |
| Emisiones de CO ₂ año 2007 | | 442.322 ktCO ₂ |
| % emisiones de CO ₂ del regadío año 2007 | | 0,896% |
| % reducción potencial emisiones de CO ₂ del regadío año 2007 | | 0,060% |

9. Conclusiones

-
- Las medidas correctoras de la eficiencia energética en regadío relacionadas con las mejoras en los equipos de bombeo, son las que tienen una mayor contribución al ahorro energético y a la reducción de emisiones de CO₂
 - Las medidas correctoras relacionadas con la mejora en el diseño y manejo de las instalaciones, aunque de menor importancia global, pueden tener una importancia elevada en algunas comunidades de regantes.
 - La contribución del regadío a las emisiones de gases de efecto invernadero es inferior al 1% del total de las emisiones, siendo la reducción potencial de emisiones del orden del 0,06% del total.

Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante la mejora de la eficiencia energética en las instalaciones de Riego

Gracias por su atención

Ricardo Abadía Sánchez

Universidad Miguel Hernández

Escuela Politécnica Superior de Orihuela

Departamento de Ingeniería. Grupo AEAS

e-mail: abadia@umh.es



www.ecorresponsabilidad.es

Agricultura para una economía baja en carbono

Seminario técnico, 30 de noviembre

Lugar: Salón de actos Consejería de Agricultura y Agua
Plaza Juan XXIII, s/n

