

# **Evaluación y Seguimiento de la Aplicación del Sistema de Información de Extracciones Volumétricas (SIEVA) en Acuíferos de Zacatecas**



**RD1608.1**

**2016**

## **DIRECTORIO**

### **SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES**

Ing. Rafael Pacchiano Alamán  
Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales

### **INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA**

Dr. Felipe I. Arreguín Cortés  
Director General

Dr. Nahún Hamed García Villanueva  
Coordinador de Riego y Drenaje

Dr. Arturo González Casillas  
Subcoordinador de Operación y Mantenimiento de Infraestructura Hidroagrícola

Dr. Alberto González Sánchez  
Jefe de Proyecto

MI. José Ángel Guillén González  
Tecnólogo del Agua

Ing. Omar Olivar Hernández  
Técnico de apoyo

## CONTENIDO

1. Resumen Ejecutivo .....	1
2. Introducción .....	3
2.1. Problemática .....	3
2.2. Objetivos .....	4
3. Antecedentes.....	5
3.1. El Sistema de Información de Extracciones Volumétricas en Acuíferos (SIEVA) .....	5
3.2. Marco normativo.....	7
3.3. Relación consumo de energía y volumen extraído en sistemas de bombeo.....	7
3.3.1. Estimación indirecta del volumen extraído para uso agrícola .....	9
4. Metodología .....	11
4.1. Diseño metodológico .....	11
4.1. Análisis preliminar de la información disponible .....	12
4.2. Realización de pruebas de eficiencia electromecánica, obtención de índices energéticos, medición de caudales y captura de información complementaria.....	14
4.2.1. Determinación de eficiencia electromecánica e índices energéticos en pozos de la zona de estudio .....	15
4.2.1.1. Metodología general para la determinación de la eficiencia electromecánica y el índice energético .....	15
4.2.1.2. Método para la aplicación de las pruebas de eficiencia electromecánica e índices energéticos en unidades de riego de Zacatecas .....	19
4.2.1.3. Medición de los niveles de bombeo y presión de descarga.....	23
4.2.2. Medición del gasto .....	24
4.2.3. Obtención de información de mediciones volumétricas y consumos de energía ..	28
5. Resultados .....	29
5.1. Pruebas de eficiencia electromecánica a 80 pozos de Zacatecas .....	29
5.1.1. Resumen de los equipos analizados.....	29
5.1.2. Resultados de las pruebas de eficiencia electromecánica .....	31
5.1.3. Causales de diferencias en las eficiencias electromecánicas e índices energéticos	45
5.1.4. Obtención de consumos energéticos y volumétricos de 80 equipos electromecánicos en unidades de riego .....	50

5.1.5. Información de producción agrícola de las unidades de riego evaluadas .....	56
5.2. Validación de la calidad de la estimación volumétrica por el índice energético y su variación respecto al tiempo.....	58
5.2.1. Variación del índice energético respecto al tiempo.....	58
5.2.2. Error teórico en el índice energético.....	59
5.2.2.1. Error derivado de la determinación del gasto hidráulico.....	59
5.2.2.2. Error derivado de la determinación de la potencia activa .....	60
5.3. Actualización del portal SIEVA.....	61
6. Conclusiones.....	63
7. Referencias .....	67
8. Glosario.....	69

## ANEXOS

Anexo 1. Pozos seleccionados para las pruebas de eficiencia electromecánica.....	71
Anexo 2. Análisis individual de eficiencia electromecánica en las unidades de riego evaluadas .....	75
Anexo 3. Información de producción agrícola de las unidades de riego evaluadas .....	90

## FIGURAS

Figura 3.1 Consulta de disponibilidad de volumen a nivel organismo de cuenca en SIEVA. ....	6
Figura 3.2 Metodología simplificada para estimación de extracciones (López Geta, 1998).....	10
Figura 4.1 Número de aprovechamientos beneficiados por acuífero.....	13
Figura 4.2 Formato FPEE v2 P1 Para la realización de pruebas electromecánicas (1ra parte)	21
Figura 4.3 Formato FPEE v2 P1 Para la realización de pruebas electromecánicas (2da parte)	22
Figura 4.4 Formato FPEE v2 P1 Para la realización de pruebas electromecánicas (última parte)	23
.....	
Figura 4.5 Medición de los niveles de bombeo con sonda eléctrica.....	24
Figura 4.6 Manómetro tipo Bourdon .....	24
Figura 4.7 Aforo por el método directo.....	25
Figura 4.8 Aforo del gasto por el método de la escuadra .....	26
Figura 4.9 Medidor de flujo ultrasónico .....	27
Figura 4.10 a) Analizador de corriente, b) Medición de los parámetros eléctricos .....	27
Figura 4.11 Formato FR-C para captura de gastos y consumo de Energía.....	28
Figura 5.1 Cantidad y gasto promedio de aprovechamientos evaluados clasificados por diámetro de tubería de succión .....	30
Figura 5.1 Cantidad de pozos y gasto promedio agrupados por rango de profundidad de los equipos evaluados.....	30
Figura 5.2 Comparación entre los caudales en las EEP1 y EEP2 de los equipos evaluados .....	33
Figura 5.3 Valores obtenidos de los niveles dinámicos.....	34
Figura 5.4 Eficiencias electromecánicas EEP1 y EEP2 de 80 equipos de bombeo.....	35
Figura 5.5 Factor de potencia en EEER, EEP1 y EEP2.....	40
Figura 5.6 Comparación de índice energético ( $\text{kWh/m}^3$ ) en de los aprovechamientos modernizados en 2013 de EEP1 vs EEP2.....	41
Figura 5.7 Comparación de índice energético ( $\text{kWh/m}^3$ ) en de los aprovechamientos modernizados en 2014 de EEP1 vs EEP2.....	42
Figura 5.8 Comparación de índice energético ( $\text{kWh/m}^3$ ) en de los aprovechamientos modernizados en 2015 de EEP1 vs EEP2.....	43
Figura 5.9 Comparación entre el volumen acumulado de la EEP1 y la EEP2 (año 2013).....	50

Figura 5.10 Comparación entre el volumen acumulado de la EEP1 y la EEP2 (año 2014) .....	51
Figura 5.11 Comparación entre el volumen acumulado de la EEP1 y la EEP2 (año 2015) .....	52
Figura 5.12 Medidores de flujo instalados Vs medidor de flujo ultrasónico en unidades de riego modernizadas en 2013 .....	53
Figura 5.13 Medidores de flujo instalados Vs medidor de flujo ultrasónico de las unidades de riego modernizadas en 2014.....	54
Figura 5.14. Medidores de flujo instalados Vs medidor de flujo ultrasónico de las unidades de riego modernizadas en 2015.....	54
Figura 5.15 Cultivos representativos en unidades de riego analizadas .....	56
Figura 5.16 Sistema de riego más utilizado en las unidades de Riego .....	57
Figura 5.17 Imágenes de algunos cultivos cosechados en las unidades de riego estudiadas..	57
Figura 5.18 Algunos sistemas de riego utilizados en las unidades de riego.....	58
Figura 5.19 Portal de acceso al SIEVA ( <a href="http://sieva.imta.mx">http://sieva.imta.mx</a> ) .....	61

## TABLAS

Tabla 3.1 Información base para el sistema SIEVA.....	5
Tabla 3.2 Impacto energético en cada etapa del riego (Watergy México, A.C.).....	8
Tabla 4.1 Número de pozos realizados por acuífero.....	15
Tabla 4.2 Valores mínimos de eficiencia para sistemas de bombeo para pozo profundo en operación .....	19
Tabla 5.1 Cantidad de equipos de bombeo evaluados agrupados por acuífero y año de modernización.....	29
Tabla 5.2 Profundidades promedio, porcentajes y cantidad de equipos de bombeo evaluados agrupados por rangos de profundidad. ....	30
Tabla 5.3 Rangos obtenidos de las eficiencias electromecánicas .....	31
Tabla 5.4 Valores obtenidos de los niveles estáticos .....	34
Tabla 5.5 Resultado de las pruebas de eficiencias electromecánicas de 80 equipos modernizados.....	36
Tabla 5.6 Índice energético y número de pozos.....	43
Tabla 5.7 Comparación de promedios por año de eficiencia, índice energético y caudal para cada una de los años de evaluación.....	44
Tabla 5.8 Ahorro en la facturación de la energía eléctrica.....	45
Tabla 5.9 Número de bombas dañadas a partir de la modernización .....	45
Tabla 5.10 Número de equipos con fallas y medidas tomadas para corregirlas.....	46
Tabla 5.11 Promedio y desviación estándar en gastos de extracción en medidores instalados y medidor ultrasónico para la EEP1 y EEP2.....	48
Tabla 5.12 Unidades de riego con aumento de gasto en la EEP2 y tiempo sin trabajar .....	49
Tabla 5.13 Lapso de tiempo sin funcionar de algunos equipos de bombeo antes de la prueba donde el gasto es mayor en EEP1 que en EEP2 .....	49
Tabla 5.14. Consumos de energía eléctrica en kWh .....	55
Tabla 5.15. Intervalo de potencia (hp) en las bombas de los equipos electromecánicos evaluados .....	55
Tabla 5.16. Comparación de resultados promedios anuales de eficiencia electromecánica, índice energético y gasto. ....	59
Tabla 5.17 Determinación de errores y diferencias para cada uno de los métodos utilizados en la medición del gasto. ....	60

Tabla 5.18. Variación porcentual respecto a la media en el cálculo del índice energético en tres mediciones distintas de la potencia activa. ....	60
Tabla 5.19. Unidades de riego con extracciones acumuladas anuales superiores al volumen concesionado .....	62
Tabla 5.17 Producción agrícola y utilidad de las unidades de riego evaluadas.....	90



## 1. Resumen Ejecutivo

Los acuíferos en México aportan cada año el 35% del agua utilizada en la agricultura, y un 12% del agua utilizada para otros usos consuntivos (CONAGUA-SEMARNAT, 2014), por lo que su aprovechamiento óptimo y sustentable resulta de vital importancia. Lamentablemente, se estima que una cantidad de 106 acuíferos de un total de 653 se encuentran en algún nivel de sobreexplotación, al exceder el volumen de extracciones al volumen del agua en la recarga. En la última década, diversas medidas y políticas a nivel nacional se han desarrollado para controlar y monitorear el problema. Dado su nivel de responsabilidad, las instancias gubernamentales garantes de la supervisión, seguimiento e implantación de estas políticas deben contar con información actualizada sobre el estado de abatimiento de los acuíferos, así como del comportamiento de las extracciones. En este contexto, la CONAGUA ha realizado desde el año 2007 diversos estudios de disponibilidad y capacidad de recarga en los acuíferos, actualizando por última vez dicha información en el año 2015 (DOF, 20 abril de 2015). Sin embargo, los datos en estas publicaciones se ofrecen en formato tabular, con casi ningún tratamiento para facilitar su visualización o agrupamiento, lo cual dificulta que esta información pueda ser utilizada de forma inmediata para la toma de decisiones a nivel estatal o gerencial. Por otro lado, no obstante la existencia de información estimada a nivel de acuífero, la cantidad de extracciones a nivel de pozo son casi desconocidas. Pese a que en los últimos años la CONAGUA ha puesto en marcha un programa intensivo para la instalación de medidores volumétricos en acuíferos, se estima que cuando mucho se han instalado cerca del 10% de los medidores requeridos (González et al., 2014). A esta situación se le añade la falta de personal para realizar la captura de las lecturas, así como de interés por parte del productor para instalar y dar mantenimiento al equipo.

Dada esta problemática, se requiere la creación de nuevas herramientas informáticas que faciliten la consulta del volumen disponible en los acuíferos, considerando también la estimación del volumen extraído a nivel de pozo. Por tal razón, durante el año 2015 el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) emprendió el desarrollo del Sistema de Información de Extracciones Volumétricas en Acuíferos (SIEVA), el cual permite acceder a la información de los volúmenes extraídos, concesionados y recargados de todos los acuíferos de país de manera flexible y organizada, clasificando los totales por grupos de interés. Entre sus funciones, el sistema incluye la posibilidad de realizar una estimación indirecta del volumen extraído usando el índice de consumo energético kWh/m<sup>3</sup> (CONUEE, 2011), lo cual permite detectar cuando un pozo se acerca o excede su volumen concesionado. A partir de este proyecto, se dispone de una plataforma informática que facilita la ubicación de los acuíferos seleccionados en una entidad federativa y proporciona la disponibilidad de volúmenes concesionados. Esta plataforma incluye un mecanismo para estimar los volúmenes extraídos mensuales obtenidos de forma indirecta usando los consumos de electricidad y el denominado Índice Energético (kWh/m<sup>3</sup>).

Con el fin de validar la aplicación SIEVA en un entorno realista de funcionamiento, el proyecto del año 2015 contempló dentro de sus actividades la obtención de datos de consumos energéticos

y elaboración de pruebas electromecánicas de unidades de riego del Estado de Zacatecas. En total, se realizó la captura de información de cerca de 1007 expedientes técnicos de unidades de riego beneficiadas por el programa PMTEUR, las cuales incluían el resultado de una prueba electromecánica realizada a la entrega de los equipos modernizados. Para validar esta información, se seleccionaron 80 de los 1007 expedientes, a fin de aplicar nuevamente una prueba de eficiencia, obtener índices energéticos y determinar el volumen extraído de manera indirecta. Los resultados mostraron diferencias significativas entre las eficiencias calculadas a la entrega por parte de la CONAGUA y las determinadas por el IMTA. La información de consumos de energía de los 80 pozos fue integrada en la base de datos del SIEVA. Sin embargo, dadas las fechas en las que se ejecutó el proyecto, se dificultó obtener los consumos de energía eléctrica para la estimación de extracciones de un año fiscal completo. Este dato es de interés, con el fin de comparar contra el volumen concesionado, cuya asignación es anual

Con estos antecedentes, durante el año 2016 se planteó la obtención de los consumos eléctricos que permitieran completar las observaciones de extracciones para el año fiscal de 2015. También, se planteó la necesidad de realizar una nueva serie de pruebas de eficiencia electromecánica a los equipos de bombeo que fueron visitados en el año 2015, a fin de verificar la variación de la eficiencia electromecánica, el gasto y el índice energético. De este último indicador, también es de interés el error estadístico que se puede presentar en su cálculo. Como parte del ciclo de mantenimiento del SIEVA, el presente proyecto también contempló la actualización del sistema, así como la construcción de un portal de acceso institucional para la aplicación.

Entre los resultados obtenidos, se detectó que el 32.5% de los equipos de bombeo ven afectados algunos de sus componentes principales en un lapso menor a los dos años. Estos componentes pueden ser el transformador, el motor, la bomba o las columnas, lo que produce un sistema de bombeo distinto, dificultando que se pueda aplicar el índice energético determinado antes del cambio. De las unidades de riego que estuvieron en condiciones de ser comparadas, se observó que el 24% presentan sobre-explotación del volumen concesionado, por un valor acumulado total de 1.259 millones de metros cúbicos. Las unidades también han visto disminuida su eficiencia electromecánica en un promedio del 4.33%, siendo la diferencia mayor en los equipos modernizados en el 2013, con un 7.6%. El gasto en promedio ha disminuido un 6.66%, y el índice energético se ha incrementado un 2.76%. Respecto al índice, también se observa que se puede presentar un error por la estimación del gasto del 4.9%, y otro respecto a la estimación de la potencia activa, del 7.6%. Finalmente, es necesario señalar que actualizó la aplicación del SIEVA, incluyendo la información de consumos eléctricos e índices actualizados para 80 pozos obtenidos durante el año 2016. El portal institucional de acceso a la aplicación se encuentra en [sieva.imta.mx](http://sieva.imta.mx).

## 2. Introducción

### 2.1. Problemática

El Plan Nacional Hidráulico (PNH) 2014-2018 identifica una problemática en la administración del agua, la cual se concentra en tres aspectos principales: sobreexplotación, la sobre-concesión y contaminación de los recursos hídricos. El PNH indica también establece que estos factores se han convertido en una limitante para el aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos, inhibiendo el desarrollo social, económico y ambiental en nuestro país.

La sobreexplotación es un problema que afecta de forma severa a los mantos acuíferos. La importancia del agua subterránea se manifiesta en la magnitud del volumen utilizado por los principales usuarios. Alrededor del 37% (30,374 millones de metros cúbicos por año al 2013) del volumen total concesionado para usos consuntivos, es extraída de los mantos acuíferos (CONAGUA, 2015).

La sobreexplotación y la sobre-concesión se encuentran estrechamente relacionadas con la falta de control sobre los recursos hídricos. Existen aprovechamientos que carecen de títulos de concesión o asignación; la medición del agua extraída y la verificación de los aprovechamientos y descargas son bajas e insuficientes. La situación es compleja en el caso particular de la medición de las extracciones, pues diversos factores interactúan en este problema. Por un lado, los propietarios de los títulos de concesión no están totalmente convencidos de que sus consumos daban ser registrados, por lo que no hay interés de su parte en la instalación y mantenimiento de los medidores volumétricos. Por otro, la cantidad de medidores y de personal disponibles para la captura de las lecturas resultan insuficientes. Incluso, se estima que no se tiene más allá del 10% de los medidores requeridos instalados (González et al., 2014). Estas condiciones llevan a afirmar a algunos autores que las extracciones subterráneas en México no son medidas, y en general se desconocen los verdaderos niveles de sobreexplotación a los que han llegado la mayoría de los acuíferos (Flores & Scott, 2000; Oswald, 2011).

En la última década, diversas medidas y políticas a nivel nacional se han desarrollado para abordar el problema. Dado su nivel de responsabilidad, las instancias gubernamentales garantes de la supervisión, seguimiento e implantación de estas políticas deben contar con información actualizada sobre el estado de abatimiento de los acuíferos, así como del comportamiento de las extracciones. En este contexto, la CONAGUA ha realizado desde el año 2007 diversos estudios de disponibilidad y capacidad de recarga en los acuíferos, actualizando por última vez dicha información en el año 2015 (DOF, 20 abril de 2015). Sin embargo, los datos en estas publicaciones se ofrecen en formato tabular, con casi ningún tratamiento para facilitar su visualización o agrupamiento, lo cual dificulta que esta información pueda ser utilizada de forma inmediata para la toma de decisiones a nivel estatal o gerencial.

Como parte de los esfuerzos para abordar esta problemática, el IMTA emprendió durante el año 2015 el desarrollo del Sistema de Información de Extracciones Volumétricas en Acuíferos (SIEVA). SIEVA tiene como objetivo el proponer una plataforma informática, con información georeferenciada, para dar seguimiento a las extracciones y a la disponibilidad de los volúmenes concesionados. Entre sus funciones, el sistema incluye la posibilidad de realizar una estimación indirecta del volumen extraído usando el índice de consumo energético kWh/m<sup>3</sup>, lo cual permite detectar cuando un pozo se acerca o excede su volumen concesionado. Con el fin de validar la aplicación SIEVA en un entorno realista de funcionamiento, el proyecto realizado en el año 2015 contempló dentro de sus actividades la obtención de datos de consumos energéticos y elaboración de pruebas de eficiencia electromecánica de unidades de riego del Estado de Zacatecas, obteniendo la información de 80 pozos en total. Sin embargo, la información de los consumos eléctricos sólo fue recuperada de manera parcial, dados los tiempos en los cuales fueron realizadas las pruebas y la captura de información. Esto hace necesario realizar un seguimiento de la información de los consumos de energía eléctrica, con el fin de obtener al menos los datos de un año fiscal, que es la temporalidad con la que se asigna el volumen concesionado. Adicionalmente, existe también la necesidad de verificar la variación existente en el índice energético y en las eficiencias electromecánicas obtenidas respecto al año 2015, lo cual permitirá obtener información estadística del comportamiento del índice energético respecto al tiempo, proporcionando el nivel de confiabilidad de dicho indicador.

## 2.2. Objetivos

El objetivo general del presente proyecto fue el siguiente:

“Aplicar el SIEVA a equipos de bombeo de pozos profundos pre-seleccionados en Unidades de Riego en el Estado de Zacatecas, con el fin de determinar la eficiencia electromecánica e impacto del SIEVA como herramienta de monitoreo de las extracciones volumétricas en acuíferos de Zacatecas.”

Con los siguientes objetivos específicos:

- Monitorear un año fiscal completo las extracciones en 80 pozos con pruebas de eficiencias electromecánicas realizadas en el año 2015 y anteriores.
- Validar la calidad de la estimación del índice energético y su variación respecto al tiempo.
- Consolidar el portal institucional en el IMTA, que facilite el acceso a la información generada por el SIEVA.
- Dar el mantenimiento adecuado a la aplicación, para asegurar su correcto funcionamiento, así como integrar las bases de datos actualizadas de consumos eléctricos y volúmenes acumulados.

### 3. Antecedentes

#### 3.1. El Sistema de Información de Extracciones Volumétricas en Acuíferos (SIEVA)

El Sistema de Información de Extracciones Volumétricas en Acuíferos (SIEVA), desarrollado por el IMTA durante el año 2015, integra las bases de datos de los volúmenes disponibles y concesionados de los acuíferos de todo el país, agrupando totales por organismo de cuenca, entidad federativa y municipio, mostrando la información en mapas georreferenciados. SIEVA permite acceder a la información de los volúmenes extraídos, concesionados y recargados de todos los acuíferos de país de manera flexible y organizada, clasificando los totales por grupos de interés. Entre sus funciones, el sistema incluye la posibilidad de realizar una estimación indirecta del volumen extraído usando el índice de consumo energético ( $\text{kWh/m}^3$ ) (CONUEE, 2011), lo cual permite detectar cuando un pozo se acerca o excede su volumen concesionado.

Las bases de datos que integra el SIEVA se muestran en la Tabla 3.1. La Figura 3.1 muestra la interfaz del SIEVA utilizada para la consulta de información.

Tabla 3.1 Información base para el sistema SIEVA

Dato	Origen
<b>Volúmenes disponibles en acuíferos</b>	CONAGUA-Gerencia de Aguas Subterráneas, Subgerencia de evaluación y ordenamiento de acuíferos (2007-2009), DOF 20-Abr-2015. Incluye la información de 653 acuíferos actualizada al año 2015.
<b>Localización de pozos</b>	REPDA actualizado al año 2005 (actualización al año actual en proceso). Información de 472,037 títulos de concesión.
<b>Índices energéticos</b>	Expedientes técnicos de unidades de riego modernizadas en el programa PMTEUR en Zacatecas, años 2013 y 2014. Aproximadamente 1000 registros.
<b>Documentos de disponibilidad</b>	CONAGUA-Gerencia de Aguas Subterráneas, Subgerencia de evaluación y ordenamiento de acuíferos (2008-2009). 653 Documentos.
<b>Mapas de acuíferos y organismos de cuenca</b>	Subgerencia de Información Geográfica del Agua (Siga.conagua.gob.mx, 2015). Aprovechamientos subterráneos por Estado. 656 archivos KML de acuíferos y 13 de Organismos de Cuenca.
<b>Límites Estatales y Municipales</b>	Información de INEGI. 2443 archivos KML para la capa de municipios y 32 para los estados.
<b>Mapas base</b>	Imágenes Google Maps (compañía DigitalGlobe). Resolución variable.

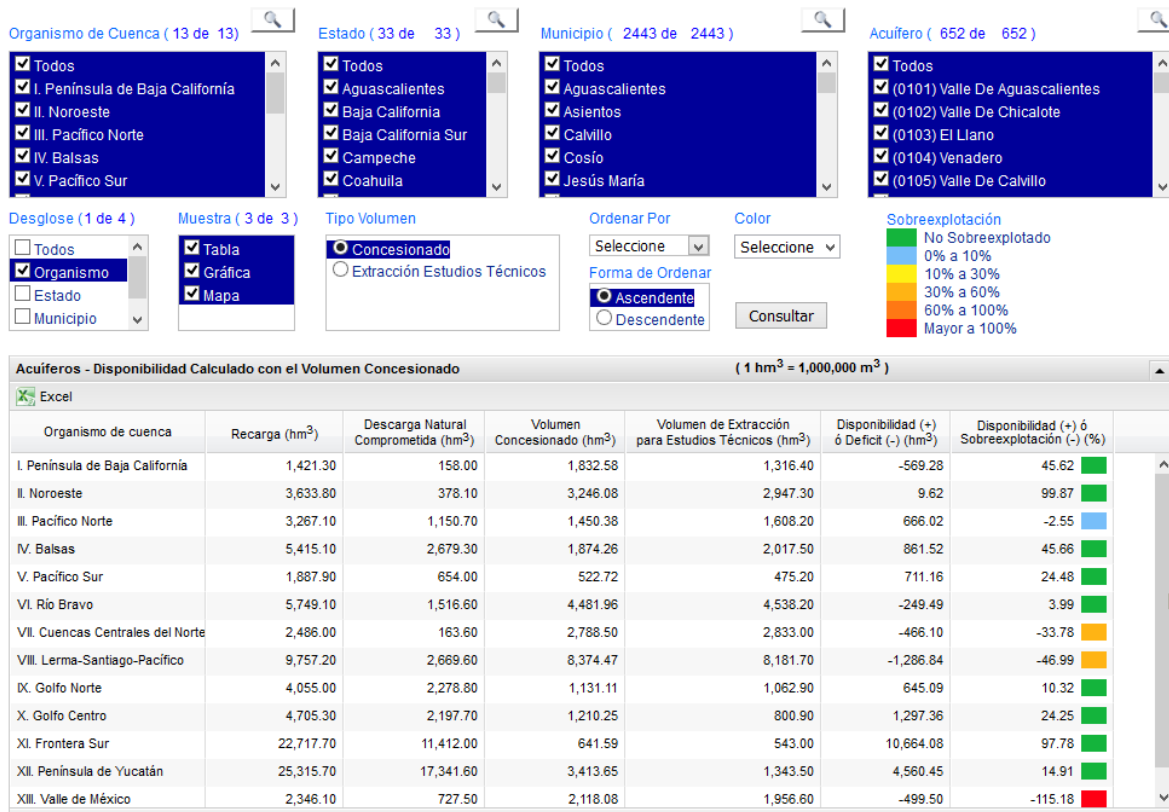


Figura 3.1 Consulta de disponibilidad de volumen a nivel organismo de cuenca en SIEVA.

Como se comentó anteriormente, SIEVA incorpora la estimación indirecta del volumen extraído a nivel de pozo usando el índice energético, con el fin de comparar las extracciones contra el volumen concesionado. Al respecto, diversos autores (López Geta, 1998; Campos, 2002; González et al., 2014) han señalado que el llamado índice de consumo energético puede utilizarse para la estimación de las extracciones. Este indicador representa el volumen de agua extraído por cada unidad de energía que consume la instalación (CONUEE, 2011). En el caso particular de volúmenes subterráneos, la instalación se refiere al sistema de bombeo de pozo profundo sumergible o de turbina de flecha, según sea el caso, cuyo costo energético depende de la profundidad del pozo y el gasto de extracción (Campos, 2002). La forma general del índice se muestra en la ecuación 1.

$$E = \frac{Q}{P_a} \quad (1)$$

Donde:

Q es el caudal expresado en metros cúbicos por hora (m<sup>3</sup>/h).

P<sub>a</sub> es la potencia activa en kilovatios (kW).

Tanto Q como P<sub>a</sub> en (1) deben ser determinados por medio de una prueba de eficiencia electromecánica (Guillén et al., 2014), la cual se debe aplicar a los pozos involucrados.

### 3.2. Marco normativo

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece en el artículo 27 que las aguas son propiedad de la Nación. Sin embargo, como cualquier otro recurso, el agua debe ser administrada, razón por la cual se creó la Ley de Aguas Nacionales (LAN), la cual regula el aprovechamiento de las aguas nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable. La citada ley en su artículo 22 señala que para el otorgamiento de una concesión o asignación, debe tomarse en cuenta la disponibilidad media anual del agua del acuífero y que la misma deberá revisarse al menos cada tres años. El artículo 19bis señala que es la CONAGUA la institución con la atribución de realizar periódica y prioritariamente los estudios para ampliar el conocimiento de la ocurrencia del agua en el ciclo hidrológico. Para tal efecto, la CONAGUA emitió el 5 de diciembre del 2001 el “Acuerdo por el que se establece y da a conocer al público la denominación única de los acuíferos reconocidos en el territorio de los Estados Unidos Mexicanos” (DOF, Dic. 2001), lo cual permitió identificar y utilizar a los acuíferos en la emisión de títulos de concesión, asignación o permisos de explotación de agua. El método de estimación para la disponibilidad media anual, por otro lado, se estableció en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000 (publicada el 17 de abril del 2002), con el fin de determinar la disponibilidad de las aguas nacionales superficiales y subterráneas, para su explotación, uso o aprovechamiento. En base a lo indicado en esta norma, la CONAGUA ha efectuado varios estudios para estimar y actualizar la disponibilidad en los acuíferos desde el año 2007, realizando La última actualización en abril de 2015 (DOF, 2015).

Por otro lado, la Ley Federal de Derechos 2014, en sus artículos 223 y 231 establece que el cobro por explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, en base a la zona de disponibilidad. Las zonas de disponibilidad son publicadas cada año, siendo la vigente este año la publicada el 2 de abril del 2015. La misma Ley establece en sus artículos 192-E y 230-A que la CONAGUA cuenta con atribuciones en materia de administración, determinación, liquidación, cobro, recaudación y fiscalización en materia del derecho por el uso, explotación o aprovechamiento de aguas nacionales.

### 3.3. Relación consumo de energía y volumen extraído en sistemas de bombeo

La energía juega un papel fundamental en la captación y distribución del agua utilizada para riego. Este insumo es necesario en cada una de las etapas que intervienen en la producción, conducción y distribución del agua con el objeto de proporcionar la cantidad necesaria según el tipo de siembra para el cultivo y su desarrollo. Típicamente, las etapas que integran un sistema de riego son captación, acondicionamiento, conducción. Distribución y riego. Cada una de estas etapas tiene un impacto distinto en consumo de energía, tal y como lo muestra la Tabla 3.2. Como se puede apreciar en dicha tabla, la mayor cantidad de energía se consume durante la operación de extracción.

Tabla 3.2 Impacto energético en cada etapa del riego (Watergy México, A.C.)

Etapa	Operación	Impacto promedio relativo sobre consumo de energía (%)
<b>Captación</b>	Extracción de pozo profundo	40-80
<b>Acondicionamiento</b>	Fertilización	0-2
<b>Conducción</b>	Envío del agua al cultivo	4-5
<b>Distribución</b>	Rebombeo	0-40
<b>Riego</b>	Aplicación de la cantidad necesaria para el cultivo	10-30
<b>Total</b>		100%

Actualmente, se estima que un 93% de los tipos de sistemas de bombeo típicos para uso agrícola son pozos profundos con suministro eléctrico. Un sistema de bombeo típico está integrado por los siguientes componentes (CONUEE, 2011):

- a) Pozo profundo, caracterizado por un coeficiente de utilización resultante de una curva de aforo, que es indicativo del as posibilidades máximas de explotación, calidad del acuífero y de la construcción del pozo.
- b) El equipo de bombeo, caracterizado por su eficiencia electromecánica (EEM) que consta de motor eléctrico y bomba tipo vertical o sumergible.
- c) Instrumentos de medición. Para el control oficial, el pozo debe contar con una sonda neumática instalada permanentemente y en la descarga de la bomba debe existir un medidor de flujo de agua que además integre el volumen de agua extraído.
- d) Mecanismo de conducción y distribución. El primer componente del sistema de riego es la conducción del agua hacia el cultivo, y finalmente para la colocación del agua de riego a la siembra se emplea un sistema que puede ser desde la inundación del cultivo, riego por aspersión o riego por goteo.

Los factores contextuales que influyen principalmente en el consumo de energía de los sistemas de bombeo para riego agrícola son: la profundidad del agua en el pozo, el transporte del agua producida, la energía utilizada para depositar el agua en el cultivo, además de las condiciones climatológicas y las necesidades de agua del cultivo. La relación entre estos factores y el consumo de energía eléctrica, se da principalmente en el trabajo que se realiza para la extracción y distribución del agua, por lo que se expresa en términos de potencia (en vatios, W). No obstante, no todos estos factores pueden ser involucrados en un modelo matemático, la ecuación de potencia se reduce en términos del equipo de bombeo el gasto suministrado por el equipo, la carga total del equipo, el peso del agua y la eficiencia electromecánica del equipo de bombeo (Ecuación 2).



$$P_e = \frac{Q \times H \times PA}{\left(\frac{EEM}{100}\right)} \quad ( 2 )$$

Donde:

$P_e$	Potencia requerida por el equipo de bombeo (W).
$Q$	Gasto suministrado por el equipo ( $m^3/s$ )
$H$	Carga total del equipo de bombeo (metros)
$PA$	Peso específico del agua (densidad x gravedad) en $N/m^3$ . Para agua subterránea, el valor es 9.81.
$EEM$	Eficiencia electromecánica del equipo de bombeo (%)

De acuerdo a la CONUEEE (2011), las tres principales variables que influyen en la potencia de los equipos son: la cantidad de agua bombeada ( $Q$ ), la carga total ( $H$ ) y la eficiencia electromecánica.

### 3.3.1. Estimación indirecta del volumen extraído para uso agrícola

En el compendio de artículos de Oswald (2011), se indica que uno de los primeros trabajos para estimar de forma indirecta los volúmenes de agua utilizados para uso agrícola fue el desarrollado por la CONAGUA en convenio con el Colegio de Postgraduados (COLPOS) en 1997. Este trabajo tuvo por objetivo para evaluar las superficies regadas y los volúmenes de agua usados del río Pesquería en el estado de Nuevo León usando imágenes de satélite Landsat 7 y el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI). En 1999, un trabajo similar fue realizado en conjunto del International Irrigation Management Institute (IWI) y del COLPOS, con el objetivo determinar los volúmenes usados para riego en la cuenca alta del río Lerma (Bolaños, 2000). En este mismo año, las imágenes de satélite y la percepción remota fueron utilizadas también para evaluar los volúmenes extraídos de acuíferos de Janos y la Costa de Hermosillo, determinando las láminas de riego aplicadas a los principales cultivos de la región.

Por otra parte, diversos autores han señalado la utilidad del índice energético ( $kWh/m^3$ ) para la estimación del volumen extraído en aprovechamientos subterráneos (López Geta, 1998; Campos, 2002; Oswald, 2011; González et al., 2014). López Geta (1998) indica que el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE) viene aplicando desde 1985 el denominado método de “Encuestas de cuantificación de volúmenes de bombeo”. En dicho documento, se publica una versión revisada del método, indicando los parámetros a medir o a calcular y el análisis del grado de error, así como los factores de mayor incidencia sobre el costo del agua. La Figura 3.2 muestra la metodología utilizada. En sus conclusiones, el autor señala un error medio cercano al 10%. El trabajo de Campos (2002) describe aplicaciones concretas del método de (López Geta, 1998) sobre diversos acuíferos de España, determinando también el rendimiento (eficiencia electromecánica). Este último trabajo señala eficiencias electromecánicas muy dispares en los pozos revisados (desde el 20% al 77%), manteniendo el mismo porcentaje de error promedio que el trabajo anteriormente mencionado.

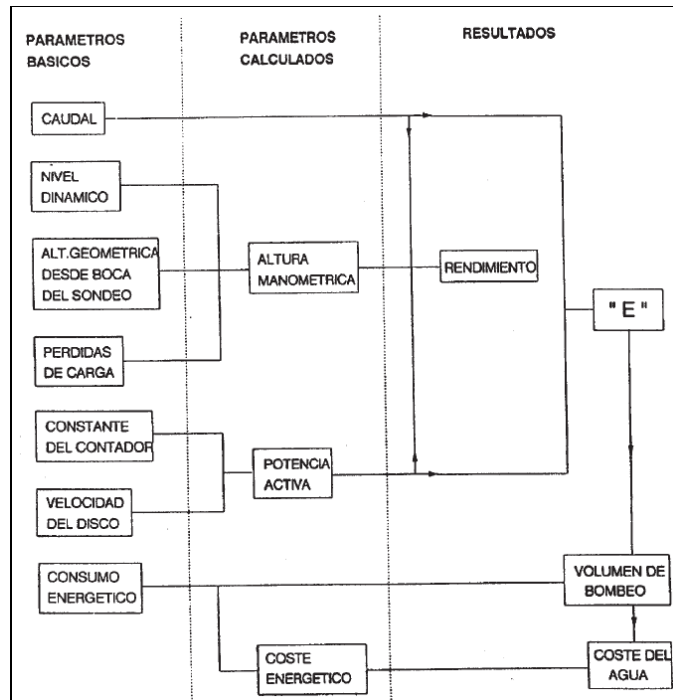


Figura 3.2 Metodología simplificada para estimación de extracciones (López Geta, 1998)

Como se indica en Oswald (2011), también en México se viene trabajando con el índice energético desde 1985. En este año, la Dirección General de Administración del Agua de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) estuvo probando este método para evaluar los volúmenes bombeados de pozos profundos. La Coordinación de Uso Eficiente del Agua y la Energía (CUEAR) de la SDGIH realizó una evaluación de los volúmenes extraídos de cada entidad federativa, con base a los consumos eléctricos reportados por la Comisión Federal de Electricidad (CRE) en la tarifa 9M (SDGIH,1994). Trabajos más recientes, se han dedicado a automatizar el método para su aplicación masiva a nivel de pozo, por medio de sistemas informáticos. En (González, 2014), se describe el programa de cómputo SOCRATEX, capaz de llevar un control a nivel de usuario y determinar el consumo en base al índice energético, la eficiencia electromecánica y los consumos de energía eléctrica.

El presente proyecto continúa bajo la línea del último trabajo mencionado. Se propone un sistema para automatizar la consulta de los volúmenes disponibles en acuíferos y las extracciones desde nivel de pozo, pero considerando también que el flujo y la consulta de la información se genera en un ambiente distribuido, por lo que la aplicación se ejecuta por medio de Internet.

## 4. Metodología

### 4.1. Diseño metodológico

Las etapas que comprendieron la metodología de este proyecto fueron las siguientes:

1. **Análisis preliminar de la información disponible.** Comprendió de una revisión a la información obtenida a partir de proyectos previos del IMTA relacionados con la zona de estudio. Con base a dicha revisión, se generó una lista de requerimientos de información faltante y/o complementaria. También se estableció la necesidad de realizar 80 pruebas de eficiencia electromecánica a equipos de bombeo de unidades de riego evaluadas en el año 2015. En lo que respecta a la aplicación SIEVA, se revisó su funcionalidad y se establecieron necesidades de mejora. En esta etapa también se acudió a las oficinas de la CONAGUA en Zacatecas para verificar la viabilidad de obtener la información faltante, así como establecer contacto con empresas candidatas para realizar la captura de la información y la elaboración de las pruebas de eficiencia electromecánica.
2. **Realización de pruebas de eficiencia electromecánica, medición de caudales, obtención de índices energéticos y captura de información complementaria.** Trabajo a cargo de una empresa contratada. Se obtuvieron datos de volúmenes bombeados, índices energéticos e información requerida del grupo de equipo de bombeo seleccionados durante la etapa de análisis de información disponible. Esta información se solicitó en formatos específicos de Excel para facilitar su captura, análisis e incorporación automatizada a la base de datos de la aplicación SIEVA.
3. **Revisión de datos e ingreso de información en el sistema.** Los resultados de las pruebas de eficiencia electromecánica fueron revisados. En casos donde fue necesario, se solicitó a la empresa a cargo de las pruebas de eficiencia la corroboración y/o complementación de la información. Los datos procesados fueron ingresados a la base de datos de la aplicación SIEVA. En esta etapa también se verificó el funcionamiento de la aplicación con la nueva información proporcionada.
4. **Análisis estadístico de la confiabilidad del índice energético.** Se realizó un análisis estadístico de la confiabilidad de la estimación del índice energético (IE) y su variación respecto al tiempo con la información de los 80 pozos seleccionados. Se determinó el error en el IE, tanto por la medición del gasto como por la medición de parámetros eléctricos.
5. **Implementación del portal institucional de acceso al sistema.** Se preparó el acceso al SIEVA por medio de un portal oficial IMTA, el cual proporcionará acceso a la información de los volúmenes disponibles en acuíferos.

6. **Elaboración del informe de resultados.** Se realizó la escritura del presente informe final, como resultado del proyecto. El informe incluye el análisis estadístico del comportamiento del índice energético respecto al tiempo.

A continuación, se describen de manera detallada cada una de las etapas antes mencionadas.

#### **4.1. Análisis preliminar de la información disponible**

El Sistema de Información de Extracciones Volumétricas en Acuíferos realiza la estimación del volumen usando el índice energético, el cual a su vez utiliza los datos de la potencia activa del equipo de bombeo y el gasto hidráulico. Determinar estas variables en campo suele ser costoso, pues requiere personal calificado en la medición de parámetros eléctricos e hidráulicos. La dependencia a esta información podría hacer del índice energético un método difícil de usar en la práctica para la estimación indirecta del volumen extraído. No obstante, debe considerarse que el Gobierno Federal a través de la CONAGUA ha venido impulsado el fortalecimiento de la infraestructura y la tecnificación de los sistemas de riego, con miras a un incremento en la productividad y al ahorro del agua. Uno de los programas federales implementados a través de la CONAGUA es el denominado Programa de Modernización y Tecnificación de Unidades de Riego (PMTEUR), dentro del cual es un requisito la elaboración de pruebas de eficiencia al momento de la entrega de la obra modernizada. La prueba de eficiencia electromecánica considera entre sus parámetros la determinación del gasto hidráulico y la potencia activa, por lo que la información generada de dicho programa podría servir como fuente de datos para la estimación masiva del volumen extraído de aprovechamientos subterráneos.

Zacatecas ha sido uno de los estados más participativos dentro del programa PMTEUR. En esta entidad, se propuso la sustitución de 5 mil pozos y la modernización de los canales de conducción de agua de unidades de riego agrícola, diferido a cinco años, en beneficio de 40 mil productores. Se estima que, desde el 2012, se han modernizado más de 2000 equipos. Tomando esto en cuenta, el estado de Zacatecas fue seleccionado como zona de estudio para la obtención de información de los parámetros requeridos para la estimación del índice energético, así como también para validar la vigencia de dichos parámetros.

El proyecto RD1510.1 de la Subcoordinación de Operación y Mantenimiento de Infraestructura del IMTA, llevado a cabo en el 2015 en Zacatecas, permitió generar una base de datos de 1008 unidades de riego beneficiadas por el Programa de Modernización y Tecnificación de Unidades de Riego (PMTEUR) durante los años 2013, 2014 y 2015. La base de datos fue construida a partir de información proporcionada por la CONAGUA Zacatecas, de la cual algunas partes se obtuvieron en formato digital, pero otras fueron capturadas a partir de documentos impresos. La información de la base de datos se puede clasificar en dos tipos principales:

- a) Información descriptiva de la unidad, como la localización geográfica, el volumen concesionado, el título de concesión, datos del propietario y datos del sistema de bombeo

(diámetro de succión, nivel estático, nivel dinámico, tipo de bomba y sus parámetros de funcionamiento).

- b) Resultados de pruebas de eficiencia electromecánica. Se obtuvieron los parámetros principales y el resultado de la prueba de eficiencia que se realiza al momento de entregar el equipo de bombeo modernizado al usuario, dentro del marco de funcionamiento del PMTEUR.

Las 1008 unidades de riego contempladas en la base de datos mencionada están distribuidas en 26 acuíferos localizados dentro del estado, concentrándose la mayor parte en los acuíferos de Chupaderos (257), Calera (168), Aguanaval (131) y Ojocaliente (67). En la Figura 4.1 se muestra el conjunto de aprovechamientos revisados por acuífero.

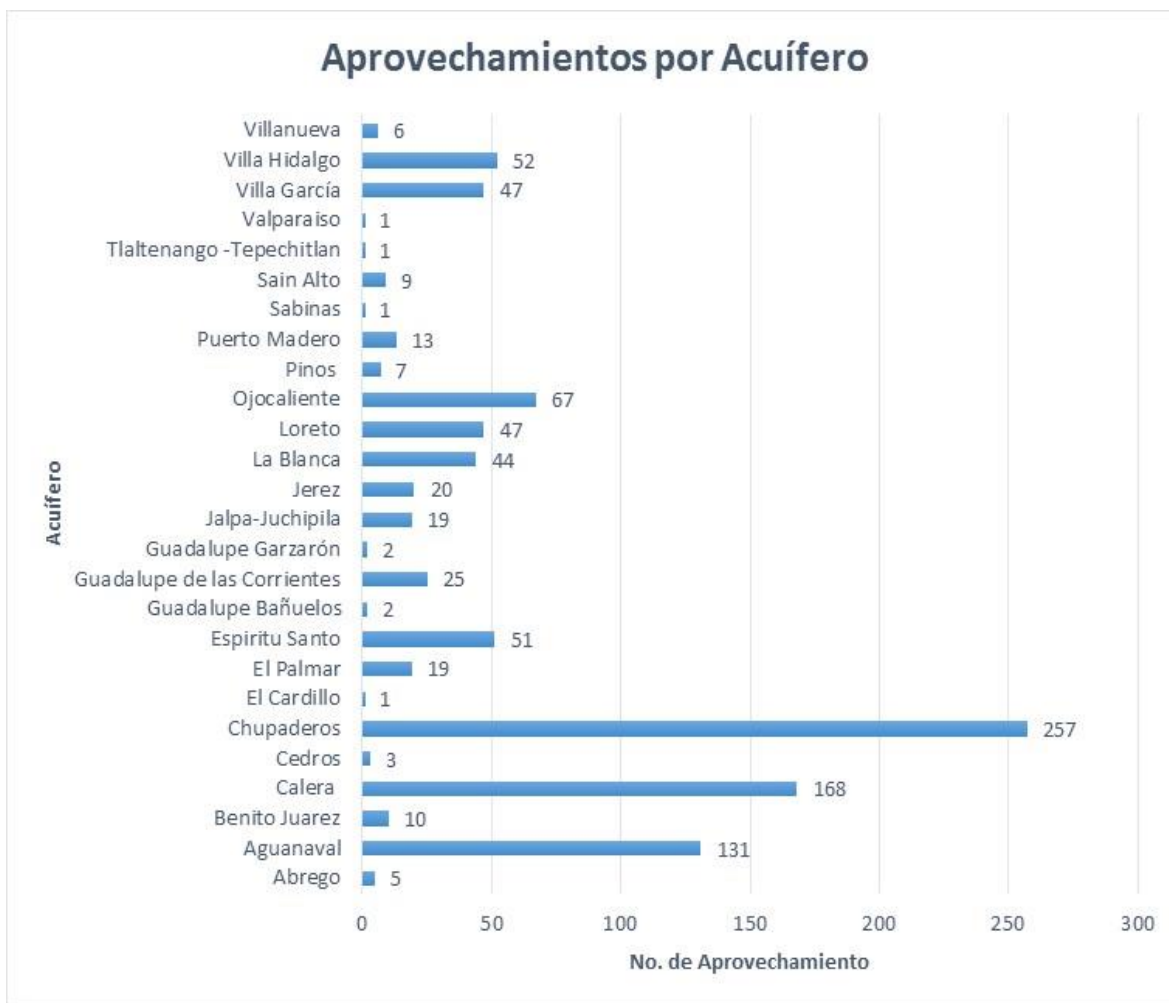


Figura 4.1 Número de aprovechamientos beneficiados por acuífero

Además de la información anterior, el proyecto RD1510.1 contempló también su propia evaluación de eficiencias electromecánicas en un grupo representativo de las unidades beneficiadas

por el PMTEUR. El objetivo de esta evaluación fue comparar los resultados obtenidos por el IMTA contra las eficiencias reportadas en los expedientes PMTEUR. En esta segunda fase del proyecto, se evaluaron 80 unidades de riego. Esta determinación de parámetros y eficiencias electromecánicas en campo se realizó en los acuíferos de Chupaderos, Calera, Loreto y Ojocaliente. Seleccionando 32 pozos de Calera, 21 de Chupaderos, 16 de Loreto y 4 de Ojocaliente. Para el proyecto 2016, se hizo necesario visitar a estas unidades nuevamente, ya que uno de los objetivos del proyecto era conocer la variación de la eficiencia electromecánica a un año de distancia, desde su último cálculo.

Además de las pruebas de eficiencia electromecánica, el proyecto RD1510.1 también contempló la captura de los consumos eléctricos mensuales de las 80 unidades de riego. Sin embargo, dado las fechas en las que se hicieron los levantamientos de información, sólo se pudieron obtener lecturas de consumos eléctricos parciales del año 2014 y parciales del año 2015 (un año hacia atrás, partiendo de la fecha de recolección, que fue en los meses de julio a septiembre del año 2015).

Partiendo del análisis de la información recopilada, se hicieron necesarios los siguientes procesos para complementar la información del proyecto 2016:

1. Realizar 80 pruebas de eficiencia electromecánica a equipos de bombeo de pozo profundo de 80 unidades de riego beneficiadas con el Programa de Modernización, Tecnificación y Equipamiento de Unidades de Riego (PMTEUR) distribuidas en acuíferos del Estado de Zacatecas.

2. Realizar la obtención de datos del equipo de bombeo modernizado o tecnificado, consumos energéticos, volumétricos y de producción agrícola en las unidades de riego seleccionadas para el año 2016.

El primer punto permitió comparar las eficiencias obtenidas por el IMTA en el año 2016 con las obtenidas en el 2015, en condiciones similares de evaluación. El segundo punto facilitó completar la serie de consumos eléctricos para obtener un año fiscal completo de consumos, y por lo tanto, de extracciones volumétricas estimadas de forma indirecta.

#### **4.2. Realización de pruebas de eficiencia electromecánica, obtención de índices energéticos, medición de caudales y captura de información complementaria**

Al inicio del proyecto se acudió a las oficinas de la CONAGUA Dirección Local Zacatecas para entrevistarse con el personal responsable de la operación del PMTEUR. El objetivo fue solicitar información de los expedientes de los pozos modernizados durante los años 2013, 2014 y 2015 que permitieron complementar los datos detectados como faltantes en la base de datos del SIEVA. También se determinaron los horarios y espacios de trabajo donde el personal de la empresa contratada para la realización de las pruebas de eficiencia pudiera realizar la captura de la información de los expedientes. También se conversó con los Ingenieros responsables de realizar el

concentrado de los expedientes, con el fin solicitar información digital sobre la cédula de entrega final del equipo modernizado a los usuarios y la descripción de los trabajos realizados de las unidades de riego tecnificadas.

Respecto a los pozos profundos seleccionados para la determinación de la prueba de eficiencia electromecánica fueron 80 en total, tal como se muestra en la Tabla 4.1. Los acuíferos de Calera y Chupaderos son los que cuentan con el mayor número de pozos, mientras que en el acuífero de Aguanaval y Loreto solo se analizaron uno y dos equipos respectivamente.

*Tabla 4.1 Número de pozos realizados por acuífero*

Acuífero	Pozos realizados	Acuífero	Pozos realizados
Chupaderos	19	Calera	37
Loreto	16	La Blanca	5
Ojocaliente	2	Aguanaval	1
<b>Total de pozos</b>			<b>80</b>

La siguiente sección muestra el procedimiento para llevar a cabo las pruebas de eficiencia electromecánica, la cual incluye la determinación del gasto hidráulico y los niveles de bombeo. La sección 4.2.3 muestra el procedimiento para la estimación del gasto hidráulico. La sección 4.2.3 muestra cómo se realizó la captura de la información complementaria, que corresponde a los consumos eléctricos mensuales y a las mediciones obtenidas de los medidores volumétricos instalados en las unidades de riego.

#### **4.2.1. Determinación de eficiencia electromecánica e índices energéticos en pozos de la zona de estudio**

El siguiente paso de la metodología consiste en seleccionar de un conjunto representativo de unidades de riego para la realización y verificación de su eficiencia electromecánica. Esta sección se describe en dos partes, la primera describe la metodología general para llevar a cabo las pruebas de eficiencia electromecánica y la segunda describe el método utilizado para la aplicación de dicha metodología en el área de estudio seleccionada.

##### **4.2.1.1. Metodología general para la determinación de la eficiencia electromecánica y el índice energético**

La eficiencia electromecánica global de los equipos de bombeo instalados en los pozos (conjunto bomba-motor), es el cociente de la potencia medida a la salida de la bomba entre la

potencia de entrada al motor eléctrico, está definida genéricamente de acuerdo a la siguiente expresión (Ecuación 3)<sup>1</sup>:

$$EEM = \frac{P_s}{P_e} * 100 \quad ( 3 )$$

Donde:

EEM	Eficiencia electromecánica (%).
P <sub>s</sub>	Potencia de salida de la bomba (kW).
P <sub>e</sub>	Potencia de entrada al motor (kW)

A continuación, se da una descripción de cada uno de los parámetros que intervienen en la Ecuación 3.

Potencia de entrada al motor (P<sub>e</sub>)

Es la potencia, en vatios, que requiere el motor eléctrico acoplado a la bomba y en operación normal. Para motores trifásicos se define como (Ecuación 4):

$$P_e = \sqrt{3} * V * I * f_p \quad ( 4 )$$

Donde:

V	Tensión eléctrica, en volts (V).
I	Corriente eléctrica, en amperes (A)
f <sub>p</sub>	Factor de potencia, adimensional.

Potencia de salida de la bomba (P<sub>s</sub>)

Es la potencia, en vatios, transferida al agua por la bomba, medida lo más cerca posible del cabezal de descarga. Su expresión matemática es (Ecuación 5):

$$P_s = Q * \rho * g * H_t \quad ( 5 )$$

Donde:

Q	Gasto, en m <sup>3</sup> /s.
---	------------------------------

---

<sup>1</sup> NOM-006-ENER-1995. Eficiencia energética electromecánica en sistemas de bombeo para pozo profundo en operación.- Límites y método de prueba. Diario Oficial de la Federación, 9 de noviembre de 1995.



$\rho$	Densidad del agua bombeada, en kg/m <sup>3</sup> .
$g$	Aceleración de la gravedad, (9.80665 m/s <sup>2</sup> , a nivel del mar)
$H_t$	Carga total de bombeo, en m.

#### Carga total de bombeo ( $H_t$ )

Está dada por la suma algebraica de la presión manométrica medida a la descarga (convertida en metros de columna de agua y corregida con la altura a la línea de centros de la toma de señal de presión), el nivel dinámico, las pérdidas por fricción en la columna y la carga de velocidad. Su expresión matemática es:

$$H_t = P_d + ND + h_{fc} + h_v \quad ( 6 )$$

Donde:

$H_t$	Carga total de bombeo, en m.
$P_d$	Presión en la descarga media, en metros de columna de agua (m.c.a.), se mide directamente en el manómetro colocado inmediatamente después del cabezal de descarga (ver figura 1). Normalmente la medición se realiza en kg/cm <sup>2</sup> .
$ND$	Nivel dinámico, en m.
$h_{fc}$	Pérdidas por fricción en la columna de succión en m.c.a. Las pérdidas en el codo de descarga y otros accesorios no se consideran por ser poco significativas.
$h_v$	Carga de velocidad, en m.

#### Carga de velocidad ( $h_v$ )

Es la energía cinética por unidad de peso del líquido en movimiento. Es expresada por:

$$h_v = \frac{v^2}{2 * g} \quad ( 7 )$$

Donde:

$h_v$	Carga de velocidad, en m.
$v$	Velocidad del agua dentro de la tubería, en m/s.
$g$	Aceleración de la gravedad, en m/s <sup>2</sup> .

La velocidad del fluido ( $v$ ) puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$v = \frac{Q}{A} \quad ( 8 )$$

Donde:

v	Velocidad del fluido, en (m/s).
Q	Gasto, en m <sup>3</sup> /s.
A	área de la sección transversal de la tubería, en m <sup>2</sup> .

El área de la sección transversal de la tubería de descarga (A) se obtiene de la siguiente forma:

$$A = \pi * \left( \frac{d^2}{4} \right) \quad ( 9 )$$

Donde:

A	Área de la sección transversal de la tubería, en m <sup>2</sup> .
d	Diámetro de la tubería, en m.
π	Valor que se toma igual a 3.1416.

Es común encontrar que, cuando no se cuenta con la capacidad de conducción suficiente, la potencia eléctrica necesaria para compensar este problema equivale a un porcentaje significativo de la potencia que está demandando el equipo de bombeo asociado a la misma, lo cual es una base fundamental para el cálculo de esta medida de ahorro dentro del plan de eficiencia energética. La potencia eléctrica necesaria o requerida se calcula de la siguiente manera.

$$P_e = \frac{Q * H_t * \rho}{76 * \eta_t} \quad ( 10 )$$

Donde:

Pr	Potencia eléctrica requerida (kW).
Q	Gasto, en m <sup>3</sup> /s.
Ht	Carga dinámica total, en m.
ρ	Densidad del agua bombeada, en kg/m <sup>3</sup> .
η <sub>t</sub>	Eficiencia electromecánica del conjunto motor-bomba.

Es importante señalar, que cualquier sistema de bombeo para pozo profundo que utilice la energía eléctrica debe cumplir con los valores mínimos de eficiencia establecidos en la Tabla 2, y si derivado del diagnóstico de eficiencia electromecánica del equipo en operación, ésta resulte 10% menor a los valores establecidos en la tabla, se debe efectuar acciones de rehabilitación o sustitución de los equipos electromecánicos.

Las acciones de rehabilitación o sustitución pueden estar dirigidas al motor eléctrico, a la bomba, a la estructura del pozo profundo, o a una combinación de éstos, según sea el caso, de tal forma que el conjunto de éstas dé como resultado los valores de eficiencia electromecánica establecidos.

Tabla 4.2 Valores mínimos de eficiencia para sistemas de bombeo para pozo profundo en operación

Intervalo de Potencias		Eficiencia electromecánica (conjunto motor bomba) (%)	
kW	Hp	Bomba con motor sumergible	Bomba con motor externo
5,6 - 14,9	7,5 - 20	35	52
15,7 - 37,3	21 - 50	47	56
38,0 - 93,3	51 - 125	57	60
94,0 - 261	126 - 350	59	64

Existen condiciones que afectan negativamente la eficiencia del equipo de bombeo, en general corresponde a la fabricación del diseño del equipo. Entre las principales se tienen las siguientes: pérdidas volumétricas, pérdidas hidráulicas, cavitación, pérdidas mecánicas, características del líquido, condiciones de instalación, recorte de impulsores, consideraciones de operación, acuíferos y sobrecalentamiento de los equipos.

Para el índice energético, se utiliza la siguiente ecuación:

$$E = \frac{Q}{P_a} \quad ( 11 )$$

Donde:

Q es el caudal expresado en metros cúbicos por hora (m<sup>3</sup>/h).

P<sub>a</sub> es la potencia activa en kilovatios (kW), la cual debe ser medida con el equipo en funcionamiento, correctamente estabilizado.

La siguiente sección muestra cómo se determinaron los parámetros requeridos para las ecuaciones 3-11. La sección 4.2.2 muestra el procedimiento utilizado para la medición del caudal (parámetro Q en ecuación 11).

#### 4.2.1.2. Método para la aplicación de las pruebas de eficiencia electromecánica e índices energéticos en unidades de riego de Zacatecas

El método utilizado para la determinación de la eficiencia electromecánica está fundamentado en la Norma Oficial Mexicana NOM-006-ENER-1995. Este procedimiento permite obtener dos parámetros particularmente importantes que dan cuenta del estado del sistema de bombeo de la unidad de riego:

- 1) **La eficiencia o rendimiento** de un motor eléctrico es una medida de su habilidad para convertir la potencia eléctrica que toma de la línea en potencia mecánica útil. Se expresa usualmente en por ciento de la relación de la potencia mecánica entre la potencia eléctrica,

esto es: no toda la energía eléctrica que un motor recibe se convierte en energía mecánica. En el proceso de conversión se presentan pérdidas por lo que la eficiencia nunca será del 100%. Si las condiciones de operación de un motor son incorrectas o éste tiene algún desperfecto, la magnitud de las pérdidas, puede superar con mucho las de diseño, con la consecuente disminución de la eficiencia.

- 2) **El índice energético (IE)** de un sistema de riego es un indicador muy importante para relacionar el consumo de energía con los volúmenes de agua utilizada en un cultivo; este indicador expresado en kWh/m<sup>3</sup>, representa la relación exacta entre la energía utilizada por un sistema de riego para producir la cantidad de agua necesaria para un cultivo durante un año. El IE se calcula dividiendo el total de la energía consumida por todos los equipos que integran el sistema de riego en kilowat-hora en un año determinado, entre el total del agua producida en la captación del agua subterránea en el mismo período de tiempo.

La medición de los parámetros hidráulicos de gasto, nivel dinámico, nivel estático y pérdidas por fricción, carga de velocidad y presión requeridos para para calcular estos indicadores fueron calculados conforme a la metodología presentada en la sección 4.2.1.1. La metodología fue implementada en una hoja de cálculo, denominada “Formato de Prueba de Eficiencia Electromecánica” (FPPE), cuyas partes se muestran de manera separadas en las siguientes figuras: Figura 4.1, Figura 4.2, Figura 4.3 y Figura 4.4. Los parámetros calculados en campo, así como el resultado de la prueba, fueron capturados en este formato de Excel. La captura y el cálculo de los parámetros se realizaron para cada uno de los aprovechamientos evaluados.



**SISTEMA DE INFORMACIÓN DE EXTRACCIONES VOLUMÉTRICAS EN ACUÍFEROS (SIEVA)**

**PRUEBAS DE EFICIENCIA ELECTROMECÁNICA (FORMATO FPÉE)**

Unidad de Riego: \_\_\_\_\_ Folio: \_\_\_\_\_  
 Título de concesión: \_\_\_\_\_ Anexo: \_\_\_\_\_ Número de prueba (1-3): \_\_\_\_\_  
 Titular: \_\_\_\_\_ Fecha (dd/mm/aaaa): \_\_\_\_\_

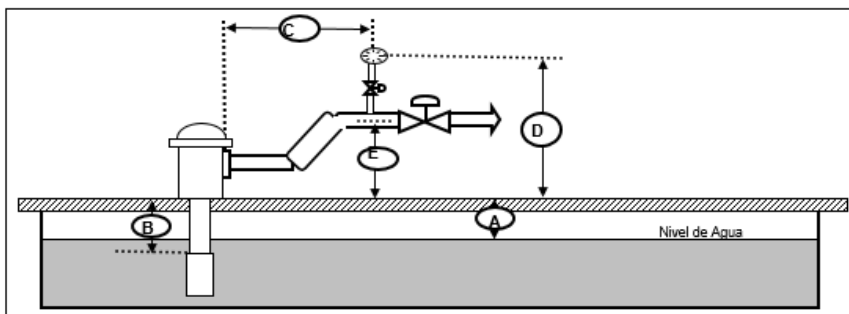
**DATOS DE PLACA DE LA BOMBA**

rpm: \_\_\_\_\_ n/v \_\_\_\_\_ F.S.: \_\_\_\_\_ n/v \_\_\_\_\_

MEDICIONES ELECTRICAS										Potencia real	Potencia aparente	Potencia reactiva
No.	TENSIÓN ENTRE FASES			CORRIENTE POR FASE			FACTOR DE POTENCIA					
	$V_{A-E}$	$V_{B-C}$	$V_{A-C}$	$I_A$	$I_B$	$I_C$	$F_{PA}$	$F_{PB}$	$F_{PC}$			
1												
2												
3												

**MEDICIONES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS**

Nivel Estático(A): \_\_\_\_\_ Longitud de tubería en succión (B): \_\_\_\_\_  
 Longitud tubería en descarga (C): \_\_\_\_\_ Altura manómetro de descarga (D): \_\_\_\_\_  
 Altura tubería en descarga (E): \_\_\_\_\_



Succión:  
 Diámetro 0.0000 m  
 Material \_\_\_\_\_  
 Descarga:  
 Diámetro \_\_\_\_\_  
 Material FoFo y PVC  
 Profundidad del pozo: \_\_\_\_\_  
 Carga adicional: \_\_\_\_\_

MEDICIONES HIDRÁULICAS				
Prueba	Gasto Q (L/s)	Presión P (kg/cm <sup>2</sup> )	Nivel dinámico (m)	Pérdidas
1				
2				
3				

Figura 4.2 Formato FPÉE v2 P1 Para la realización de pruebas electromecánicas (1ra parte)

RESULTADOS						
EFICIENCIA ELECTROMECÁNICA			PRUEBA			OBSERVACIONES
No.	Símbolo	Descripción	1	2	3	
1	$D_i$	Diámetro interno de la tubería (m)	0.0000	0.0000	0.0000	
2	$N$	Frecuencia de rotación (RPM)	n/v	n/v	n/v	
3	$ND$	Nivel dinámico (m)	0.00	0.00	0.00	
4	$x$	Distancia desde el nivel de referencia a la línea de centros del manómetro (m)	0.00	0.00	0.00	
5	$P_r$	Lectura del manómetro a la descarga (m)	0.00	0.00	0.00	
6	$P_m$	Presión a la descarga = [(4) + (5)] (m)	0.00	0.00	0.00	
7	$A$	Área del tubo a la descarga [3,141592*(1)²/4](m²)	0.0000	0.0000	0.0000	
8	$q_v$	Gasto (m³/s)	0.0000	0.0000	0.0000	
9	$h_v$	Carga de velocidad=([(8)/(7)]²/19,613.3)	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
10	$h_f$	Pérdidas de fricción en la columna (m)	0.00	0.00	0.00	
11	$h_d$	Carga a la descarga=[(6)+(9)+(10)] (m)	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
12	$H$	Carga total=[(3)+(11)] (m)	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
13	$I_A$	Corriente Línea A	0.00	0.00	0.00	
	$I_B$	Corriente Línea B	0.00	0.00	0.00	
	$I_C$	Corriente Línea C	0.00	0.00	0.00	
	$I$	Corriente promedio (A)=[(I <sub>A</sub> +I <sub>B</sub> +I <sub>C</sub> )/3]	0.00	0.00	0.00	
14	$V_{A-B}$	Tensión fase AB	0.00	0.00	0.00	
	$V_{B-C}$	Tensión fase BC	0.00	0.00	0.00	
	$V_{A-C}$	Tensión fase AC	0.00	0.00	0.00	
	$V$	Tensión promedio (V)=[(V <sub>AB</sub> +V <sub>BC</sub> +V <sub>AC</sub> )/3]	0.00	0.00	0.00	
15	$F_{pA}$	Factor de potencia línea A	0.00	0.00	0.00	
	$F_{pB}$	Factor de potencia línea B	0.00	0.00	0.00	
	$F_{pC}$	Factor de potencia línea C	0.00	0.00	0.00	
	$F_p$	Factor de potencia promedio (%)	0.00	0.00	0.00	
16	$P_e$	Potencia de entrada al motor (kW) [(1,732*(13)²*(14)²*(15)²*10 <sup>-5</sup> )]	0.00	0.00	0.00	
17	$P_s$	Potencia de salida de la bomba (kW) [(8) * (12) * 9,806.65]	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
18	$\eta$	Eficiencia electromecánica (%) [(17) / (16) * 100]	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
19	$IE$	Índice de energía (KWh/M3)	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
Eficiencia electromecánica promedio			#DIV/0!			

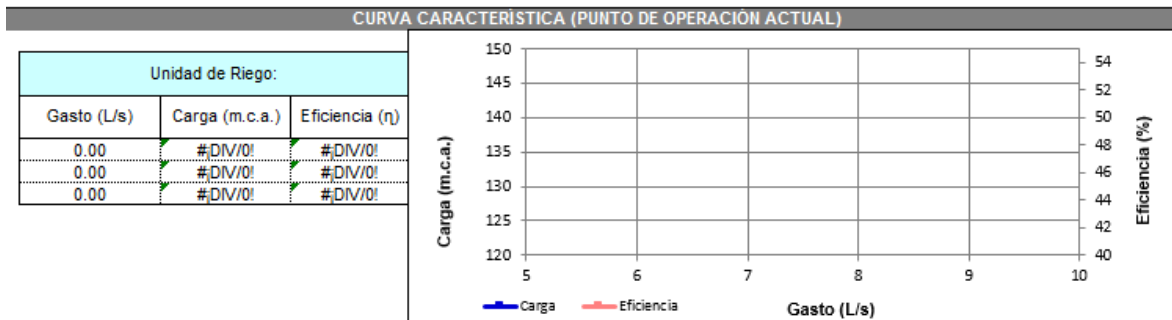


Figura 4.3 Formato FPEE v2 P1 Para la realización de pruebas electromecánicas (2da parte)

## ANEXO FOTOGRAFICO

(1) Usuario

(2) Transformador

(3) Medidor eléctrico

(4) Arrancador

Figura 4.4 Formato FPEE v2 P1 Para la realización de pruebas electromecánicas (última parte)

De igual forma, se tomaron en campo seis fotografías digitales por aprovechamiento, las cuales se muestran en el formato de captura "FPEE v2 P1". Cada una de las fotografías con las siguientes características:

- Primera imagen. Al usuario
- Segunda imagen. Transformador
- Tercera imagen. Acercamiento al medidor de luz
- Cuarta imagen. Acercamiento al arrancador
- Quinta imagen. Acercamiento al medidor de agua
- Quinta imagen. Vista general del tren de descarga.

Con la información recabada en campo, se calculó la eficiencia energética electromecánica. El procedimiento para la determinación del gasto se describe en la siguiente sección.

#### 4.2.1.3. Medición de los niveles de bombeo y presión de descarga

La medición de los niveles de bombeo se llevó a cabo a través de una sonda eléctrica que es un dispositivo que consiste de conductores eléctricos con forro de plástico; una fuente de energía eléctrica y un amperímetro. Mientras baja el cable al pozo se observa el amperímetro y al momento en que dicho amperímetro marque corriente, es cuando las dos puntas desnudas inferiores tocan la superficie del agua cerrándose el circuito. El largo del cable desde su extremo inferior hasta el nivel de referencia indica el nivel estático (o dinámico) en el pozo (Figura 4.5).



Figura 4.5 Medición de los niveles de bombeo con sonda eléctrica

La sonda usada para tomar las mediciones consiste en un carrete, cable POT calibre 18 de 200 m de longitud, galvanómetro y un switch.

La medición de la presión de descarga se realizó con un manómetro tipo Bourdon (Figura 4.6).



Figura 4.6 Manómetro tipo Bourdon

#### 4.2.2. Medición del gasto

El gasto o caudal ( $Q$ ) se define como el volumen  $V$  de agua (litros) que pasa por una sección de un conducto en determinado tiempo  $t$  (segundos).

$$Q = \frac{V}{t} \quad ( 12 )$$



Para el proyecto, el caudal se obtuvo por medio de dos métodos:

- i) Por el método directo. Fue aplicado a tuberías con descarga libre (cerca de un 25% de los equipos).
- ii) Con medidor de flujo portátil de tipo ultrasónico (a todos los equipos).

A continuación se describen cada uno de los métodos.

### **El método directo**

El método volumétrico es el más recomendable, es muy sencillo, requiere de poco equipo y es muy preciso; sin embargo, a veces es difícil de apreciar, resultando útil para gastos pequeños y donde las características físicas lo permitan.

El método es el siguiente: se mide directamente el volumen  $V$  con un recipiente (Figura 4.7), y el tiempo  $t$ , con un cronómetro. Opcionalmente, se puede medir directamente la velocidad del agua mediante la presión. El gasto  $Q$  del agua en un sistema hidráulico se obtiene entonces de la ecuación (12).



Figura 4.7 Aforo por el método directo

De manera alterna, se puede utilizar como método directo el método de la escuadra. Este método es aplicable a descarga de tuberías a presión, en particular para pruebas de bombeo. Consiste en medir la distancia horizontal  $X_0$  que existe entre el extremo del tubo de la descarga y el punto donde cae el chorro del agua al suelo, y la altura  $H_0$  a la que se encuentra el conducto (Figura 4.8).



Figura 4.8 Aforo del gasto por el método de la escuadra

La principal desventaja de los métodos directos es que no se pueden aplicar en tuberías presurizadas sin descarga libre. Por esta razón, para la medición del gasto se empleó también otro tipo de método: medición con medidor de flujo ultrasónico (se describe a continuación).

#### **Medición con medidor de flujo portátil ultrasónico**

Este tipo de medidor se compone de sensores que envían y reciben señales de sonido de alta frecuencia diagonalmente al flujo del agua para medir su velocidad. Existen medidores cuyo principio es el tiempo de travesía y aquellos que se basan en el efecto Doppler. Generalmente son equipos de alto costo, pero tienen muy buena exactitud y gran flexibilidad en la instalación.

Los medidores en general calculan el gasto o caudal en función de dos variables principales: a) área hidráulica de la sección transversal de la tubería y b) velocidad media del agua. Cada una de estas variables no se miden directamente, pues se miden a través de otras variables físicas con equipos portátiles. Existen varias clases de medidores, entre los más comunes son los medidores de propela, electromecánicos y ultrasónicos. Estos últimos se componen de sensores que envían y reciben señales de sonido de alta frecuencia, diagonalmente al flujo de agua, para medir su velocidad y el gasto.

El medidor ultrasónico de tiempo en travesía está diseñado para medir los líquidos limpios o puros sin partículas en suspensión. El funcionamiento de este equipo es similar al de Doppler, emite una onda ultrasónica que pasa por el tubo al líquido hasta llegar al otro sensor y de regreso midiendo el tiempo de travesía y de ida, comparando con el de regreso, el equipo calcula la velocidad y el flujo (Figura 4.9).



Figura 4.9 Medidor de flujo ultrasónico

**Medición de corriente, voltaje y factor de potencia:** se realizó mediante una analizador de corriente Modelo 3910 marca AEMC Instruments (Figura 4.10a) se está determinado los parámetros de corriente en las líneas A, B y C, Tensión Fase AB, AC y BC y factor de potencia en la línea A, B y C (Figura 4.10b).



a)



b)

Figura 4.10 a) Analizador de corriente, b) Medición de los parámetros eléctricos

**Niveles estático y dinámico.** La determinación de niveles estático y dinámico se está realizando mediante una sonda de 250 m de longitud, la cual consiste de un carrete, cable POT calibre 18, galvanómetro y un interruptor (switch).

#### 4.2.3. Obtención de información de mediciones volumétricas y consumos de energía

Para la obtención de la información de las extracciones volumétricas y el consumo de energía se utilizó el formato FR-C que es mostrado en la Figura 4.11. El método empleado para medir el gasto fue el ultrasónico con un 100 % de ocurrencia. Respecto al estado físico de los medidores la mayoría funciona y solo 21 de ellos no marcan el flujo en la pantalla (únicamente el volumen acumulado). Dos de los medidores de flujo no se encontraron instalados al momento de hacer la EEP1; sin embargo, en la realización de la EEP2 ya estaban colocados.

Título de concesión:		Consecutivo CONAGUA:		Folio SIEVA:		
<b>CUANTIFICACIÓN DEL GASTO</b>						
Medición	Volumen acumulado en el medidor instalado			Anotar según el método empleado para medir el volumen		
	Hora	Gasto (l/s)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Método volumétrico		Método ultrasónico
1				Hora	Gasto (l/s)	Hora
Sistema de riego		(Gravedad, cintilla, aspersión)				
<b>CUANTIFICACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO</b>						
Consumos en los últimos 12 meses						
Recibo CFE						
Año	Mes	Consumo (kWh)				
2014	Septiembre					
	Octubre					
	Noviembre					
	Diciembre					
2015	Enero					
	Febrero					
	Marzo					
	Abril					
	Mayo					
	Junio					
	Julio					
	Agosto					
	Septiembre					
<b>PRODUCCIÓN AGRÍCOLA (SECCIÓN QUE SE LLENA CON INFORMACIÓN DE LA VISITA A LA UNIDAD EN CAMPO)</b>						
Anotar los datos respecto al último año ciclo agrícola						
Año agrícola:	Superficie regable (h)		Producción (ton):	0.00		
	Usuarios (num):		Precio medio rural (\$/ton):			
	Sistema de riego:		Valor de la producción (\$):	0.00		
Ciclo:	Cultivo representativo		Costo de producción (\$/ha):			
	Superficie cosechada		Costo total de producción (\$):	0.00		
	Rendimiento (ton/ha)		Utilidad total (\$):	0.00		

Figura 4.11 Formato FR-C para captura de gastos y consumo de Energía

## 5. Resultados

### 5.1. Pruebas de eficiencia electromecánica a 80 pozos de Zacatecas

#### 5.1.1. Resumen de los equipos analizados

La Tabla 5.1 muestra la cantidad de equipos de bombeo de unidades de riego que fueron considerados en el proyecto. Como se puede observar, se evaluaron 80 equipos que fueron modernizados en el año 2013 (23 equipos), 2014 (28 equipos) y 2015 (26 equipos). Las unidades evaluadas se encuentran distribuidas a lo largo de seis acuíferos, que son Chupaderos, Calera, Ojocaliente, Loreto, La Blanca y Aguanaval. La mayor cantidad de equipos evaluados se localizaron en el acuífero de Calera. El Anexo 1 presenta un listado completo de las unidades de riego evaluadas.

Tabla 5.1 Cantidad de equipos de bombeo evaluados agrupados por acuífero y año de modernización

Acuífero	Año de modernización			Total general
	2013	2014	2015	
Aguanaval	1			1
Calera	9	18	10	37
Chupaderos	3	10	6	19
La Blanca	3		2	5
Loreto	10		6	16
Ojocaliente			2	2
<b>Total general</b>	<b>26</b>	<b>28</b>	<b>26</b>	<b>80</b>

Los diámetros de la tubería de succión de los equipos de bombeo fueron de 4 y 6 pulgadas, concentrándose la mayor cantidad en el primer tipo (53 equipos). El gasto promedio de los equipos de 4" fue de 11.12 lps, mientras que para el grupo de 6" fue de 23.24 lps. El gasto promedio de los 80 equipos de bombeo fue de 15.21 lps. Esta información se muestra de manera gráfica en la Figura 5.1.

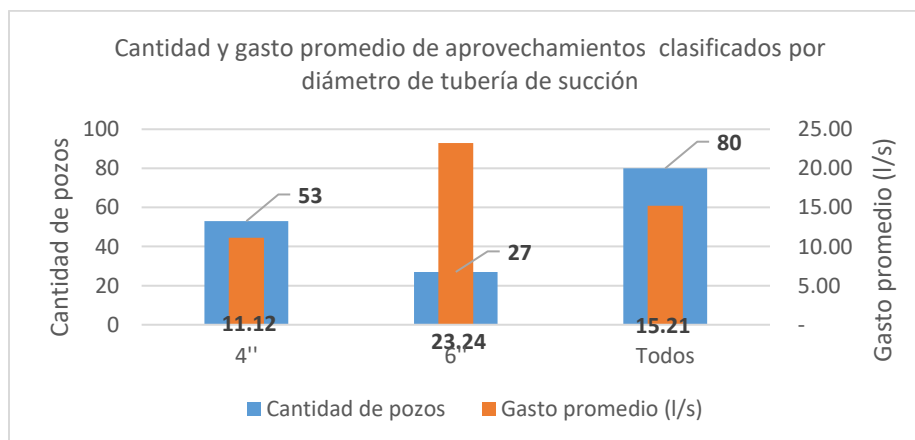




Figura 5.1 Cantidad y gasto promedio de aprovechamientos evaluados clasificados por diámetro de tubería de succión

Respecto a la profundidad, la Tabla 5.2 muestra que mayoría de los pozos evaluados se encontraron en los rangos de entre 100 a 151 metros y 151 a 200 metros, agrupando un total de 31 equipos en cada rango, con una profundidad promedio de 130.91 m y 194.06 m respectivamente. Doce pozos tienen profundidades mayores a los 200 m, mientras que sólo 7 tuvieron una profundidad menor a los 100 m. La Figura X muestra el gasto promedio por rango de profundidad, que fue de 13.63 para pozos menores a 100 m, 16.05 para pozos de entre 100 a 150 m, de 13.78 lps para pozos de entre 150 a 200 m y de 17.53 lps para pozos mayores a 200 m.

Tabla 5.2 Profundidades promedio, porcentajes y cantidad de equipos de bombeo evaluados agrupados por rangos de profundidad.

Rango de profundidad	Promedio de Profundidad	Cuenta de equipos	%
Menor a 100	79.17	6	7.50
De 100 a 150	130.97	31	38.75
De 151 a 200	194.06	31	38.75
Mayor a 200	245.17	12	15.00
<b>Total general</b>	<b>168.66</b>	<b>80</b>	<b>100.00</b>

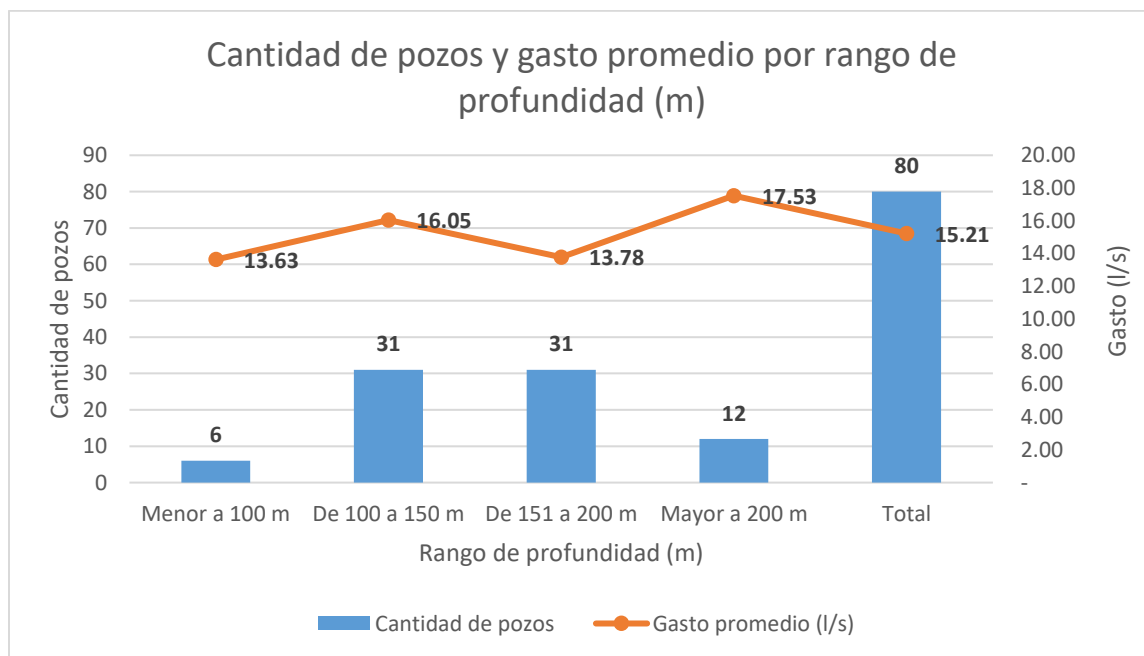


Figura 5.1 Cantidad de pozos y gasto promedio agrupados por rango de profundidad de los equipos evaluados

### 5.1.2. Resultados de las pruebas de eficiencia electromecánica

Para facilitar la descripción de los resultados, en esta sección se utilizan las siglas EEER para hacer referencia a los resultados de la eficiencia electromecánica obtenidos al momento de la entrega del equipo modernizado por parte del Programa de Modernización y Tecnificación (PMTEUR); las siglas EEP1 hacen referencia a los resultados obtenidos por la primer prueba electromecánica realizada por el IMTA en el año 2015, mientras que las siglas EEP2 hacen referencia a los resultados de la prueba electromecánica obtenidos durante el presente proyecto, en el año 2016. De esta forma, la Tabla 5.3 muestra las eficiencias obtenidas en las pruebas, agrupando dichos resultados en rangos de porcentaje. Como se puede observar, la mayoría de los equipos examinados tienen una eficiencia entre 40 y 50 %, tanto en la prueba EEP1 como en la prueba EEP2. Esto puede atribuirse a varios factores, entre los cuales se encuentran, por ejemplo, un alto índice energético (en la mayoría de equipos), aumentos de columna de succión y reparaciones continuas de bombas. En la entrega recepción, la mayoría de los equipos presentan una eficiencia mayor al 60%. También se observa un incremento de eficiencia en el rango de 50-60% de los equipos en la EEP2 con respecto a la EEP1. Esto último puede corresponder al hecho de que al momento de la realización de la prueba los pozos llevaban varios días o semanas sin funcionar y eran encendidos solo el tiempo de duración del estudio, o llevaban pocas horas o días encendidos, lo que derivó aumento de gasto extraído, suscitándose esto sobretodo en el acuífero de Calera.

Tabla 5.3 Rangos obtenidos de las eficiencias electromecánicas

Rangos de eficiencia electromecánica	Equipos en la EEER	Equipos en la EEP1	Equipos en la EEP2
menor 40 %	0	12	14
40-50 %	1	36	32
50-60 %	27	24	28
más de 60 %	52	8	6
<b>Total</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>80</b>

**Notación:** EEER= eficiencia electromecánica entrega recepción, EEP1 = eficiencia electromecánica prueba 1 (2015), EEP2= eficiencia electromecánica prueba 2 (2016).

De las pruebas realizadas se pudo observar que el caudal promedio extraído por los equipos de bombeo es de 16.09 y 15.38 litros por segundo en las pruebas uno y dos respectivamente. En Figura 5.2 se observa la variación de los caudales, al comparar las pruebas uno y dos. Aun cuando la tendencia es a la baja, se tiene algunos aprovechamientos en los cuales el gasto en la EEP2 es mayor que en la EEP1; por ejemplo:

- El Predio las Auras No.14. En esta unidad de riego se le colocó a la bomba del programa nuevas partes ya que este pozo extrae arena y desde que se instaló el nuevo equipo era

necesario tomar estas precauciones; sin embargo, apenas unos días antes de realizar la prueba dos la bomba fue acondicionada adecuadamente (2 de septiembre de 2016) obteniendo un aumento de 84% en la extracción de gasto.

- El Predio El Norteño No.2 se tiene un aumento de gasto de 36% ya que el pozo antes de la prueba tenía cinco días apagado y el usuario comentó que es necesario tenerlo funcionando aproximadamente ocho días para tener valores más acertados del caudal extraído y niveles dinámicos puesto que en este lapso de tiempo el gasto baja hasta un 50%;
- El Predio Gemelas según el usuario la bomba se quemó entre los meses de enero y febrero del presente año, fue reparada y reinstalada nuevamente siendo lo anterior la razón del aumento en el gasto extraído. Así como estos ejemplos en los cuales las bombas o algún otro equipo de los modernizados han sido modificados y/o reparados existen otros más que se enumeran en la sección siguiente (Tabla 13).



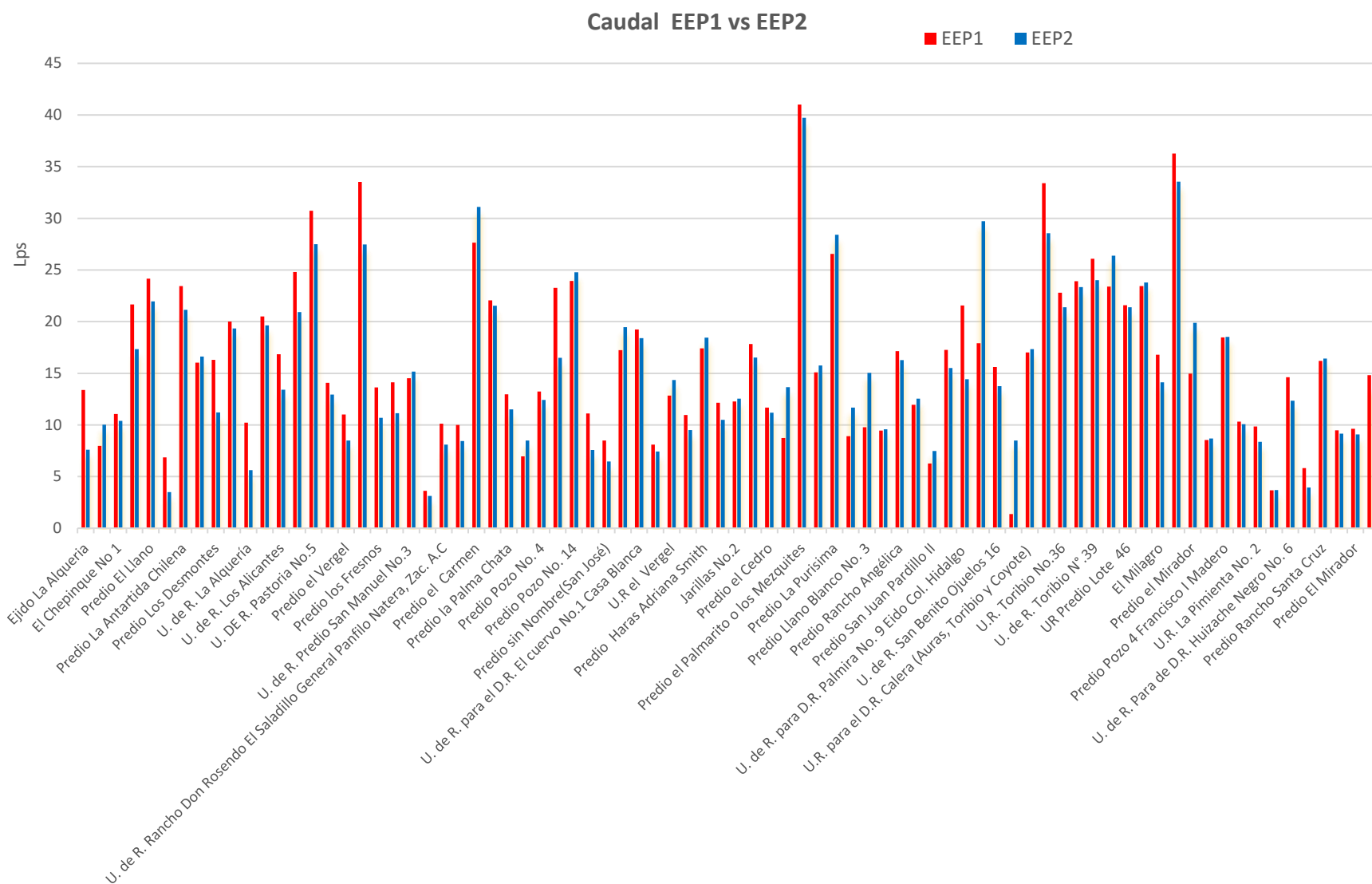


Figura 5.2 Comparación entre los caudales en las EEP1 y EEP2 de los equipos evaluados

Como se aprecia en la Figura 5.3, las variaciones de los niveles dinámicos de las unidades de riego estudiadas no muestran desviaciones significativas, encontrándose que el Predio el Mirador (de Humberto Félix) del acuífero de Calera como el pozo con mayor nivel dinámico en la prueba uno y 4.8 metros más arriba en la prueba dos, y el Predio la Palma Chata ubicado en el acuífero de Chupaderos cuenta con los valores mínimos.

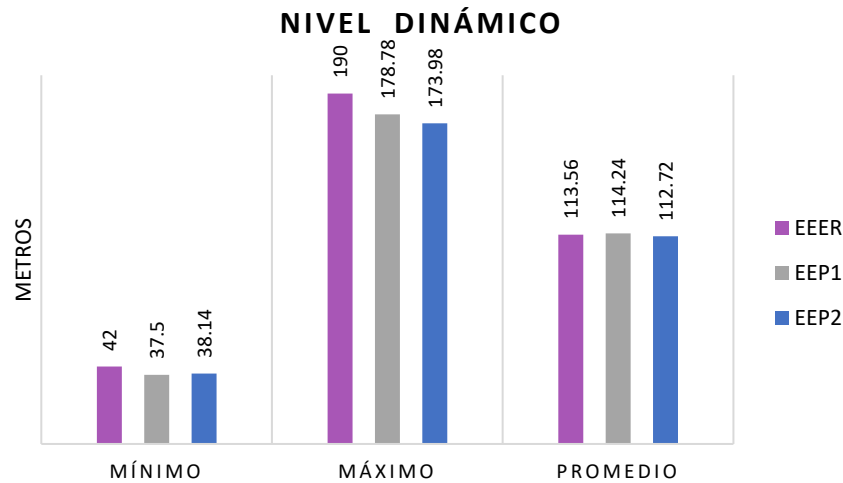


Figura 5.3 Valores obtenidos de los niveles dinámicos

En lo que a los niveles estáticos se refiere (Tabla 5.4) tampoco muestran una significativa diferencia entre ellos, algunos de los aprovechamientos visitados llevan días o hasta semanas sin funcionar por lo que los usuarios afirman que conforme pasa el tiempo tanto los gastos como los niveles siguen modificándose. No se pudo determinar el nivel estático en 36 de los equipos ya que éstos se encontraron trabajando.

Tabla 5.4 Valores obtenidos de los niveles estáticos

Prueba	Mínimo	Máximo	Promedio
EEER	8.50	145.00	76.81
EEP1	21.56	154.95	79.77
EEP2	21.40	158.91	75.30

En la Figura 5.4, se muestran los porcentajes de las eficiencias electromecánicas en forma ascendente realizadas en la prueba uno (EEP1) y en la prueba dos (EEP2). Comparando los valores promedio en ambas pruebas se tiene un 48.06 y 47.61 por ciento respectivamente. Solo 35 equipos estudiados tuvieron un aumento en su eficiencia electromecánica con respecto a la prueba uno. El 37.14 % de estos el aumento se debió a la realización de algún ajuste o cambio en el equipo, sobretodo en la sustitución o reparación de la bomba.

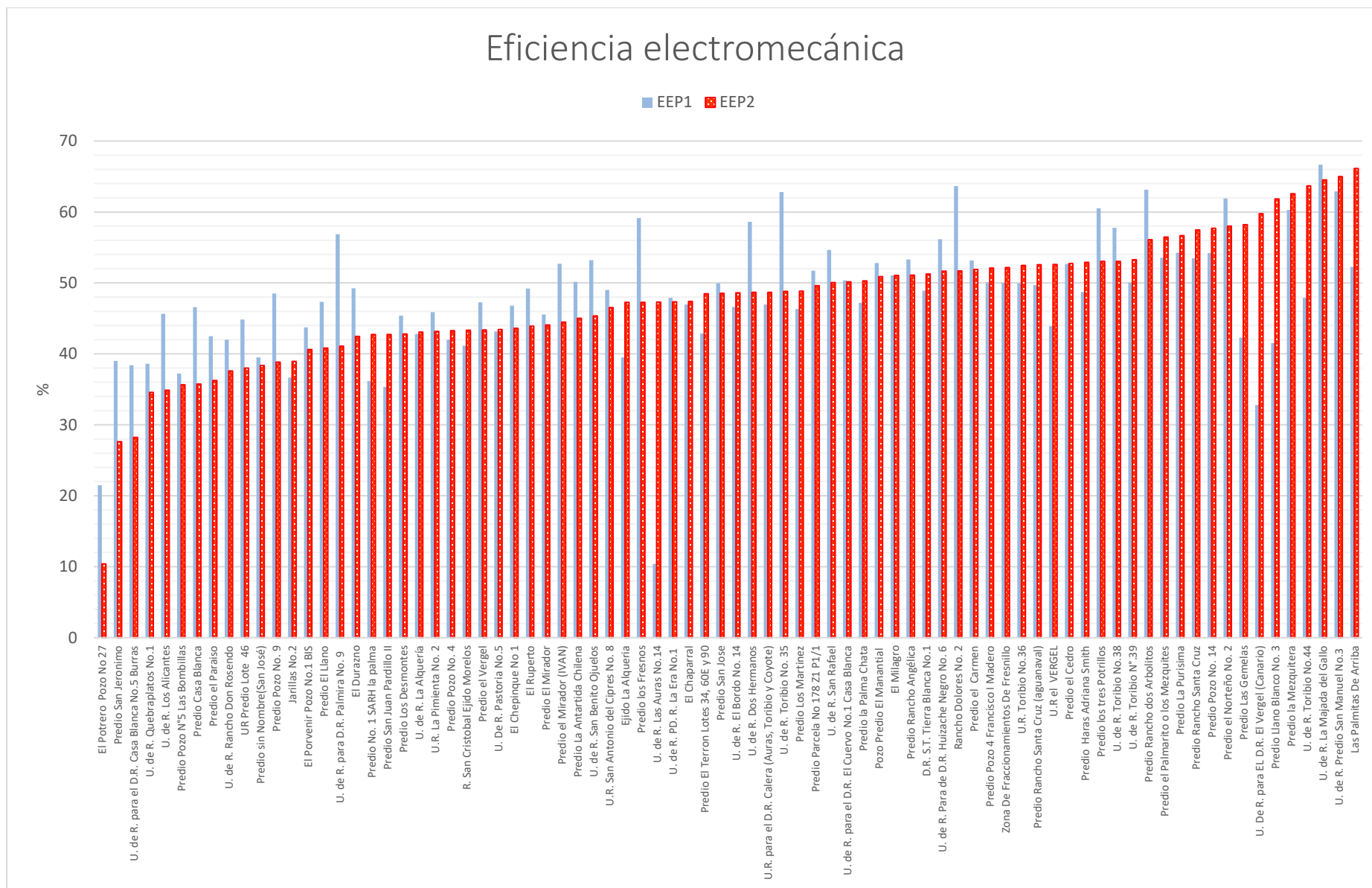


Figura 5.4 Eficiencias electromecánicas EEP1 y EEP2 de 80 equipos de bombeo

En la *Tabla 5.5* se muestran los resultados de eficiencias electromecánicas, gastos de extracción, nivel dinámico y nivel estático para cada equipo evaluado. La unidad de riego Predio el Potrero Pozo No. 27 es la que presenta la menor eficiencia, pasando de 21.47 % en la primera prueba a 10.4 % en la segunda; asociado a esto se visualiza también una reducción de gasto del 50 % en la EEP2.

*Tabla 5.5 Resultado de las pruebas de eficiencias electromecánicas de 80 equipos modernizados*

Nombre de la unidad de riego	Eficiencia Electromecánica			Gasto (lps)			Nivel dinámico (m)			Nivel estático (m)		
	EEER	EEP1	EEP2	EEER	EEP1	EEP2	EEER	EEP1	EEP2	EEER	EEP1	EEP2
<b>Ejido La Alquería</b>	60.64	39.52	47.25	15.20	13.39	7.59	135.00	126.70	137.79	120.00	122.43	N/D
<b>El Chaparral</b>	78.49	46.95	47.4	30.00	7.96	10.02	115.00	117.59	123.89	70.00	N/D	89.19
<b>El Chepinque No 1</b>	55.00	46.79	43.59	10.80	11.05	10.39	112.00	113.18	114.10	80.00	74.14	78.16
<b>El Durazno</b>	60.30	49.25	42.46	31.00	21.66	17.34	113.00	116.40	119.75	94.00	93.57	113.19
<b>Predio El Llano</b>	64.45	47.34	40.81	41.60	24.16	21.95	166.00	174.40	133.74	102.50	N/D	84.95
<b>El Potrero Pozo No 27</b>	52.31	21.47	10.4	19.30	6.85	3.50	103.00	90.32	98.30	85.00	78.27	N/D
<b>Predio La Antártida Chilena</b>	63.02	50.16	45.02	23.00	23.43	21.14	107.00	112.91	112.31	103.00	N/D	N/D
<b>Las Palmitas De Arriba</b>	60.17	52.25	66.14	24.70	16.02	16.63	110.00	110.59	111.69	76.00	76.00	85.15
<b>Predio Los Desmontes</b>	46.92	45.38	42.79	16.00	16.29	11.20	134.80	130.70	155.38	75.60	71.00	N/D
<b>El Porvenir Pozo No.1 BIS</b>	60.17	43.72	40.62	38.00	20.00	19.33	95.60	78.27	80.41	60.00	60.00	N/D
<b>U. de R. La Alquería</b>	56.00	42.79	43.08	10.00	10.23	5.62	153.00	121.45	132.00	98.00	98.00	N/D
<b>U. de R. La Majada del Gallo</b>	73.50	66.65	64.51	32.50	20.51	19.63	130.00	159.63	163.45	90.00	154.95	158.91
<b>U. de R. Los Alicantes</b>	56.04	45.64	34.89	20.05	16.83	13.41	75.00	69.31	68.01	48.00	41.00	47.91
<b>D.R. S.T. Tierra Blanca No.1</b>	60.44	48.92	51.25	22.50	24.80	20.91	170.00	144.23	153.85	100.00	89.77	N/D
<b>U. DE R. Pastoría No.5</b>	60.00	43.16	43.44	16.00	30.72	27.50	111.00	98.80	98.93	83.00	97.26	N/D
<b>U. de R. San Rafael</b>	62.30	54.66	50.06	18.00	14.08	12.81	140.00	152.21	152.39	101.00	101.00	N/D
<b>Predio el Vergel</b>	66.25	47.25	43.36	18.50	11.00	8.48	123.00	131.48	130.45	95.40	N/D	N/D
<b>Rancho Dolores No. 2</b>	62.45	63.66	51.69	35.00	33.53	27.47	116.00	136.35	120.95	114.00	111.30	115.40
<b>Predio los Fresnos</b>	56.58	59.15	47.25	16.00	13.63	10.68	100.00	90.70	98.26	61.00	N/D	N/D
<b>Predio los tres Potrillos</b>	65.25	60.52	53.05	17.10	14.12	11.13	100.00	108.54	112.52	86.00	N/D	N/D

Nombre de la unidad de riego	Eficiencia Electromecánica			Gasto (lps)			Nivel dinámico (m)			Nivel estático (m)		
	EEER	EEP1	EEP2	EEER	EEP1	EEP2	EEER	EEP1	EEP2	EEER	EEP1	EEP2
<b>U. de R. Predio San Manuel No.3</b>	64.41	62.89	64.98	19.50	14.51	15.17	153.00	170.00	166.50	74.50	N/D	N/D
<b>U. de R. Quebraplatos No.1</b>	56.94	38.60	34.57	4.20	3.62	3.13	70.00	59.63	58.91	45.00	44.55	N/D
<b>U. de R. Rancho Don Rosendo El Saladillo</b>	60.48	42.00	37.60	13.50	10.12	8.10	158.00	175.30	173.98	55.00	57.63	N/D
<b>El Ruperto</b>	62.57	49.21	43.90	30.30	9.99	8.44	131.00	127.80	127.40	90.00	N/D	97.49
<b>Predio el Carmen</b>	60.11	53.17	51.89	40.50	27.65	31.10	91.80	98.26	98.00	47.00	N/D	N/D
<b>Predio el Paraíso</b>	64.65	42.51	36.26	34.50	22.06	21.55	152.00	161.52	140.07	120.00	N/D	N/D
<b>Predio la Palma Chata</b>	52.02	47.18	50.28	15.20	12.97	11.51	42.00	37.15	38.14	32.00	21.56	23.33
<b>Predio No. 1 SARH la palma</b>	52.16	36.17	42.72	13.50	6.96	8.48	75.00	82.60	82.29	65.00	N/D	N/D
<b>Predio Pozo No. 4</b>	57.05	41.99	43.26	15.00	13.23	12.43	98.00	98.97	95.40	44.00	71.83	78.83
<b>Predio Pozo No. 9</b>	62.43	48.49	38.79	36.00	23.26	16.50	110.60	118.30	127.21	68.30	N/D	N/D
<b>Predio Pozo No. 14</b>	78.47	54.21	57.71	29.80	23.94	24.77	115.00	105.43	105.00	85.00	N/D	82.35
<b>Predio San Jerónimo</b>	60.57	38.99	27.63	24.50	11.11	7.58	119.80	121.24	127.33	102.00	102.00	N/D
<b>Predio sin Nombre(San José)</b>	59.25	39.49	38.35	16.30	8.50	6.47	163.40	157.50	117.13	98.40	74.45	88.90
<b>U. de R. El Bordo No. 14</b>	60.38	46.61	48.59	16.30	17.24	19.47	138.50	131.14	124.78	122.70	N/D	116.10
<b>U. de R. para el D.R. El cuervo No.1</b>	59.13	50.34	50.14	25.00	19.25	18.41	50.00	60.59	60.81	40.00	N/D	N/D
<b>U. DE R. PD. R. La Era No.1</b>	58.17	47.90	47.32	8.90	8.09	7.43	110.50	121.81	119.89	60.40	41.80	N/D
<b>U.R el Vergel</b>	60.14	43.92	52.59	21.60	12.83	14.34	165.40	165.93	169.00	100.00	N/D	N/D
<b>U.R. San Antonio del Ciprés No. 8</b>	61.12	49.00	46.52	12.30	10.95	9.50	165.00	168.00	171.32	130.00	138.02	N/D
<b>Predio Haras Adriana Smith</b>	60.51	48.69	52.90	22.60	17.41	18.44	81.00	78.46	83.78	58.00	N/D	57.42
<b>Predio Rancho dos Arbolitos</b>	62.72	63.13	56.10	13.00	12.15	10.49	80.90	87.48	87.52	54.00	61.32	62.64
<b>Jarillas No.2</b>	61.29	36.66	38.95	21.00	12.28	12.53	142.90	150.13	150.03	83.40	86.46	87.84
<b>Predio Casa Blanca</b>	58.84	46.58	35.73	21.00	17.82	16.53	60.50	57.45	43.55	33.00	N/D	21.48
<b>Predio el Cedro</b>	67.72	52.67	52.74	17.00	11.67	11.19	101.00	95.04	93.65	68.50	68.50	N/D
<b>Predio el Norteño No. 2</b>	58.04	61.89	58.00	16.00	8.73	13.66	105.00	147.97	92.50	57.00	N/D	34.12

Nombre de la unidad de riego	Eficiencia Electromecánica			Gasto (lps)			Nivel dinámico (m)			Nivel estático (m)		
	EEER	EEP1	EEP2	EEER	EEP1	EEP2	EEER	EEP1	EEP2	EEER	EEP1	EEP2
<b>Predio el Palmarito o los Mezquites</b>	64.19	53.54	56.46	41.50	41.00	39.72	138.00	100.46	108.20	75.00	82.60	83.79
<b>Predio la Mezquitera</b>	56.98	60.29	62.58	19.60	15.08	15.76	66.50	75.58	77.93	55.00	35.05	34.18
<b>Predio La Purísima</b>	61.09	54.26	56.65	28.80	26.56	28.42	90.00	84.27	80.11	50.00	N/D	N/D
<b>Predio Las Gemelas</b>	54.80	42.28	58.21	13.50	8.92	11.67	85.40	81.12	84.12	45.60	N/D	58.12
<b>Predio Llano Blanco No. 3</b>	56.07	41.52	61.83	11.50	9.77	15.05	160.00	160.71	152.81	8.50	N/D	100.12
<b>Predio Los Martínez</b>	56.81	46.32	48.83	14.30	9.46	9.58	102.30	98.00	99.84	75.00	64.79	61.82
<b>Predio Rancho Angélica</b>	59.12	53.29	51.08	16.00	17.15	16.27	54.00	57.57	58.16	45.00	42.65	42.26
<b>Predio Rancho Santa Cruz</b>	56.42	53.46	57.45	15.90	11.96	12.54	90.00	77.80	77.16	55.00	N/D	21.40
<b>Predio San Juan Pardillo II</b>	63.31	35.33	42.72	20.80	6.27	7.47	84.00	74.30	70.27	50.00	N/D	55.28
<b>U. de R. Dos Hermanos</b>	60.53	58.61	48.67	14.90	17.26	15.51	132.00	115.98	113.70	85.00	62.29	64.06
<b>U. de R. para D.R. Palmira No. 9</b>	71.45	56.85	41.09	16.00	21.56	14.41	66.00	60.31	59.19	60.00	57.35	57.69
<b>U. de R. Para el D.R. El Vergel (Canario)</b>	70.05	32.80	59.76	25.00	17.90	29.72	70.00	85.00	86.38	60.00	60.91	63.39
<b>U. de R. San Benito Ojuelos 16</b>	73.01	53.21	45.36	16.50	15.60	13.75	142.00	127.15	122.46	64.00	61.78	62.85
<b>U. de R. Las Auras No.14</b>	60.10	10.39	47.28	20.00	1.36	8.48	90.00	87.75	98.81	70.00	70.00	85.44
<b>U.R. para el D.R. Calera (Auras, Toribio y Coyote)</b>	62.24	46.95	48.67	25.00	17.02	17.34	88.00	110.20	108.80	82.00	82.00	N/D
<b>U. de R. Toribio No. 35</b>	65.78	62.82	48.79	30.00	33.40	28.56	96.00	98.45	98.32	70.00	70.00	85.60
<b>U.R. Toribio No.36</b>	61.10	49.95	52.47	30.00	22.79	21.40	80.00	104.91	107.61	80.00	80.00	N/D
<b>U. de R. Toribio No.38</b>	61.50	57.76	53.05	20.00	23.90	23.34	82.00	96.13	97.04	80.00	80.00	90.25
<b>U. de R. Toribio N°.39</b>	75.30	50.06	53.26	41.40	26.09	24.02	111.40	101.38	99.86	90.00	90.00	N/D
<b>U. de R. Toribio No.44</b>	63.03	47.90	63.68	32.00	23.40	26.37	86.00	97.80	98.43	82.00	82.00	N/D
<b>UR Predio Lote 46</b>	61.98	44.86	37.99	21.20	21.58	21.39	138.00	112.42	109.74	45.00	83.00	83.76
<b>Zona De Fraccionamientos De Fresnillo</b>	70.49	50.00	52.17	28.00	23.45	23.78	135.00	133.98	128.61	102.00	102.02	102.02
<b>El Milagro</b>	66.11	51.05	51.04	22.50	16.80	14.12	108.60	89.67	92.78	58.00	N/D	N/D
<b>Pozo Predio El Manantial</b>	60.61	52.79	50.87	35.50	36.27	33.55	109.00	86.68	86.61	60.00	56.76	65.05

Nombre de la unidad de riego	Eficiencia Electromecánica			Gasto (lps)			Nivel dinámico (m)			Nivel estático (m)		
	EEER	EEP1	EEP2	EEER	EEP1	EEP2	EEER	EEP1	EEP2	EEER	EEP1	EEP2
<b>Predio el Mirador</b>	61.73	52.71	44.48	18.60	14.96	19.89	135.00	113.24	118.69	95.00	N/D	N/D
<b>Predio El Terrón Lotes 34, 60E y 90</b>	56.65	42.86	48.48	9.40	8.54	8.69	172.00	134.38	141.25	100.80	98.56	99.37
<b>Predio Pozo 4 Francisco I Madero</b>	64.08	50.04	52.09	24.60	18.48	18.53	130.00	113.94	115.32	108.00	91.73	91.73
<b>U.R. San Cristóbal Ejido Morelos</b>	63.93	41.16	43.32	26.30	10.32	10.07	100.00	159.33	159.56	57.00	62.76	62.76
<b>U.R. La Pimienta No. 2</b>	57.10	45.88	43.16	20.70	9.85	8.36	70.00	123.97	99.50	45.00	N/D	N/D
<b>Predio Pozo N°5 Las Bombillas</b>	55.85	37.21	35.64	6.30	3.67	3.70	121.50	129.60	109.08	80.00	N/D	N/D
<b>U. de R. Para de D.R. Huizache Negro No. 6</b>	60.65	56.15	51.65	15.50	14.63	12.34	141.60	157.64	159.24	122.00	122.00	N/D
<b>U. de R. para el D.R. Casa Blanca No.5 Burras</b>	77.99	38.41	28.22	15.30	5.83	3.95	148.00	150.17	151.61	120.00	120.00	N/D
<b>Predio Rancho Santa Cruz</b>	56.53	49.70	52.57	12.00	16.21	16.43	61.00	61.73	64.56	55.30	54.15	57.15
<b>Predio San José</b>	55.03	49.96	48.54	10.00	9.49	9.16	162.00	171.00	169.33	95.00	N/D	N/D
<b>Predio El Mirador</b>	56.44	45.55	44.07	11.00	9.62	9.09	190.00	178.78	173.09	99.00	N/D	N/D
<b>Predio Parcela No 178 Z1 P1/1</b>	60.04	51.73	49.61	16.00	14.81	13.85	160.00	166.26	168.00	145.00	139.73	139.00

Notación: EEER = Eficiencia electromecánica entrega recepción del equipo    EEP1 = Eficiencia electromecánica prueba 1    EEP2 = Eficiencia electromecánica prueba 2 .

El Factor de potencia es utilizado para indicar la cantidad de energía que se ha convertido en trabajo. De los análisis obtenidos se detectó que más del 90 % de los pozos operan con un incremento en la facturación en sus recibos por un bajo factor de potencia ocasionando varios problemas técnicos: mayor consumo de corriente, aumento de las pérdidas en conductores, desgaste prematuro de los conductores, sobrecarga de transformadores y líneas de distribución e incremento en las caídas de voltaje. Sólo el 5% de los equipos reciben una bonificación por este concepto. En la Figura 5.5 se puede observar que en la EEER la totalidad de los aprovechamientos cuenta con un factor de potencia de 0.8 a 0.90, siendo 77 los equipos que poseen 0.83. De igual manera, se tienen para la EEP1, no obstante que se tiene un aprovechamiento en algunas unidades, como la EEP1 de Predio Auras No. 14, con un FP de 0.53 y un aumento en la EEP2 a 0.75.

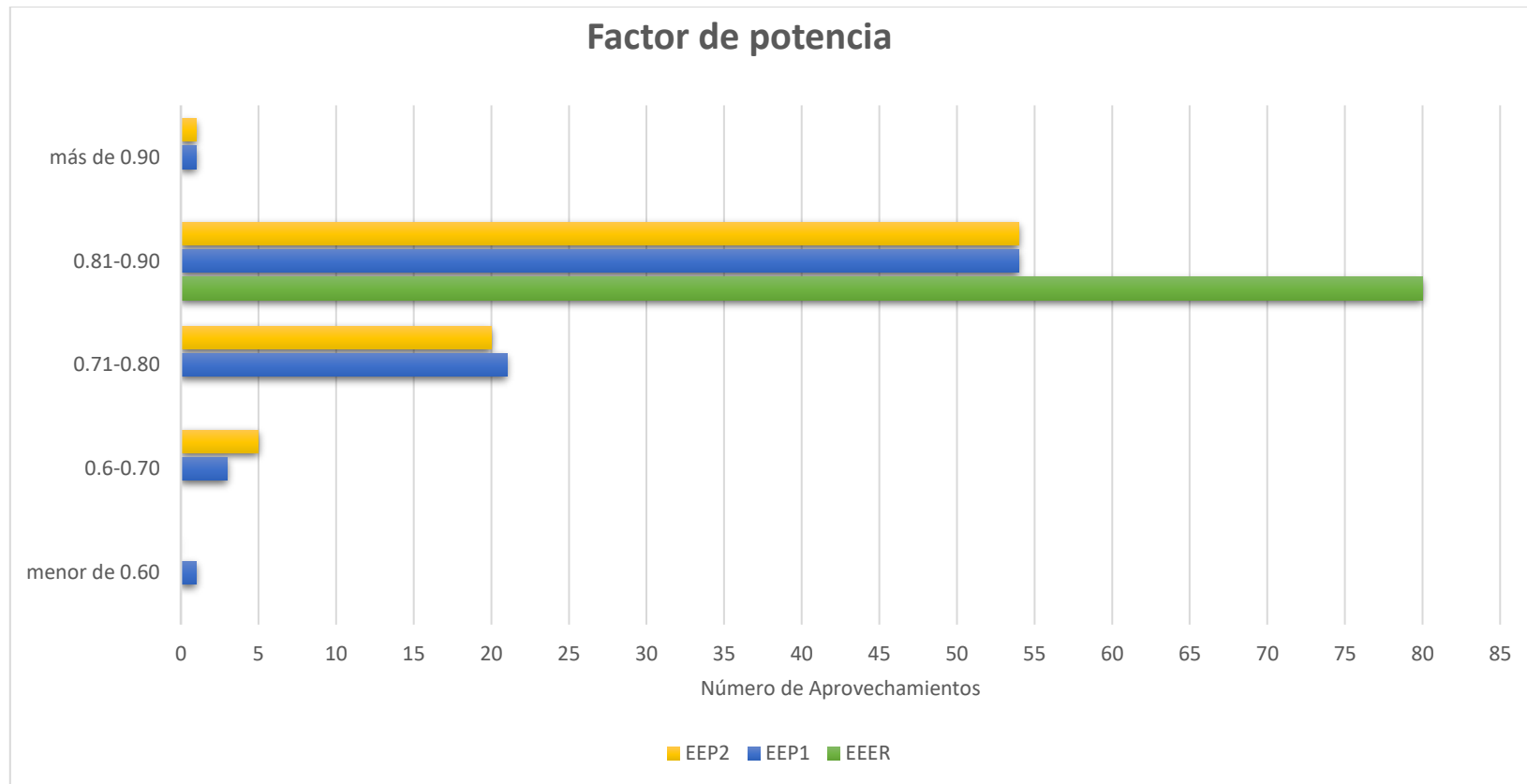


Figura 5.5 Factor de potencia en EEER, EEP1 y EEP2



En la Figura 5.6 se observa el comportamiento del índice energético de las unidades de riego modernizadas (según los expedientes del PMTEUR en 2013), la mayoría de los equipos registran una conducta similar en ambas pruebas exceptuando un pico muy pronunciado en la U. de R. Las Auras No.14 para la EEP1 en la cual este predio obtuvo una eficiencia electromecánica de 10.39%; sin embargo en la EEP2 su eficiencia aumentó a 47.28 % derivando así a una disminución del índice energético de 2.29 a 0.36 kWh/m<sup>3</sup>; este incremento de eficiencia electromecánica se atribuye a que en septiembre del presente año a unos días de realizar la prueba dos se colocó una bomba más apropiada (con chumaceras de carburo de silicio) ya que extraía arena ocasionando un deterioro en el equipo originando una reducción del gasto extraído. Con la bomba reparada el caudal aumentó de 1.36 a 8.48 lps.

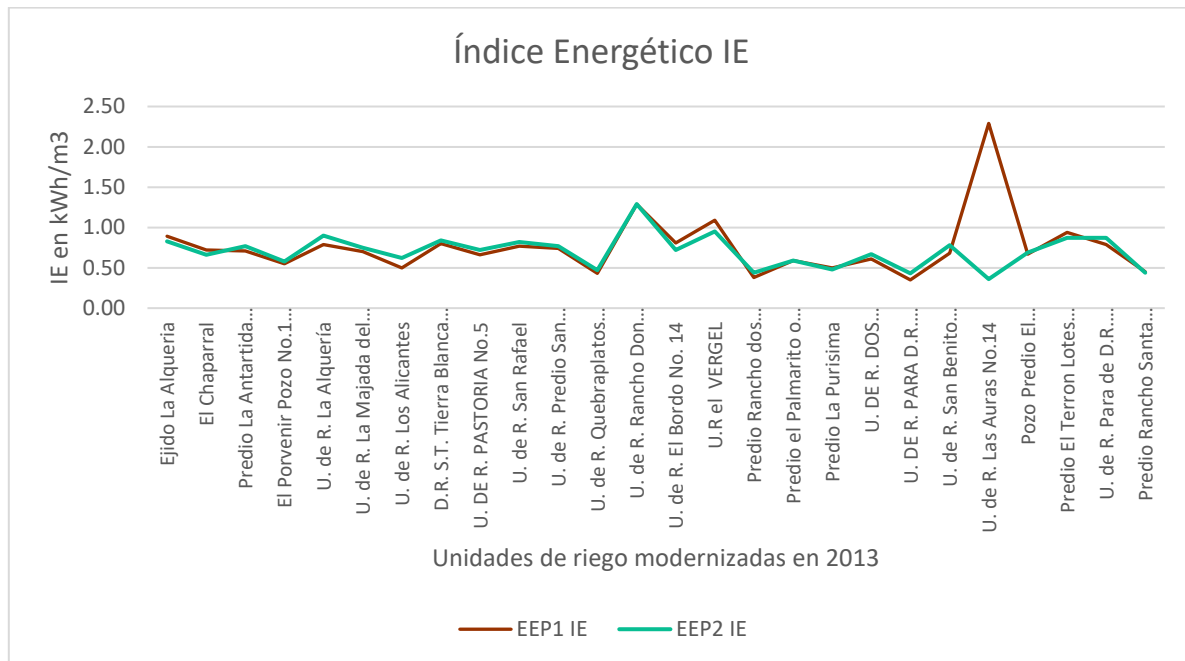


Figura 5.6 Comparación de índice energético (kWh/m<sup>3</sup>) en de los aprovechamientos modernizados en 2013 de EEP1 vs EEP2

El índice energético reportado para las unidades de riego modernizadas en 2014 presenta varias discrepancias (Figura 5.7), siendo el IE promedio para la EEP1 de 0.74 kWh/m<sup>3</sup> y 0.72 kWh/m<sup>3</sup> para la prueba EEP2. El 48.27 por ciento de los equipos disminuyó su índice energético, mientras que el 13.79 % continúa con el mismo valor. Los predios San Jerónimo y la U. de R. para el D.R. Casa Blanca No.5 Burras cuentan con un aumento en sus índices energéticos en comparación con la prueba anterior y un decremento en sus caudales extraídos de 3.53 y 1.88 lps respectivamente. Sus eficiencias electromecánicas se redujeron en un 29.13 por ciento para el Predio San Jerónimo y 26.50 por ciento para la U. de R. para el D.R. Casa Blanca No.5 Burras.

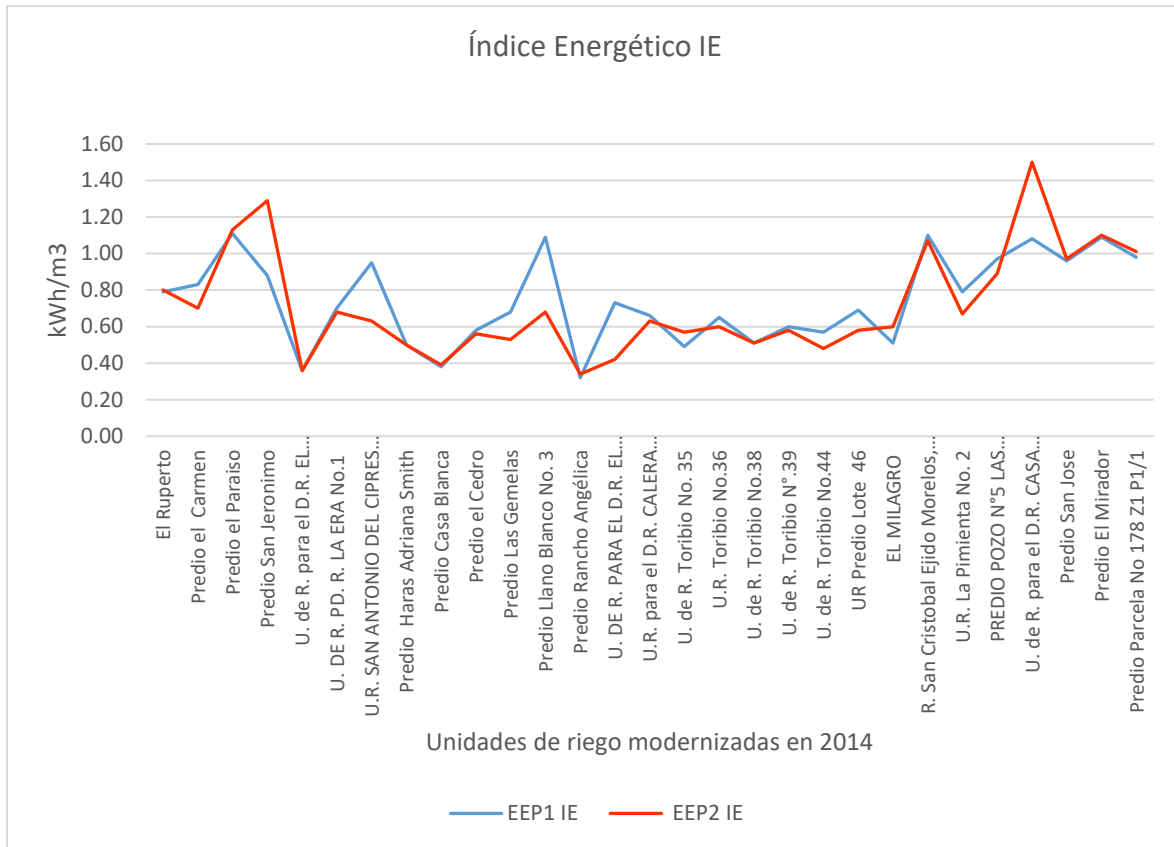


Figura 5.7 Comparación de índice energético ( $\text{kWh/m}^3$ ) en de los aprovechamientos modernizados en 2014 de EEP1 vs EEP2

Para los aprovechamientos modernizados en 2015, la Figura 5.8 nos muestra que el pozo Predio El Potrero No. 27 tiene el índice energético mayor ( $2.70 \text{ kWh/m}^3$ ) reportado en la EEP2 siendo este el que del total de los 80 equipos estudiados el que cuenta con la eficiencia electromecánica más baja en la prueba dos de 10.4 % y una reducción de su caudal extraído de 3.35 lps. El 52 por ciento de los equipos modernizados en 2015 aumentaron su índice energético y solo 1 continua con el mismo valor.

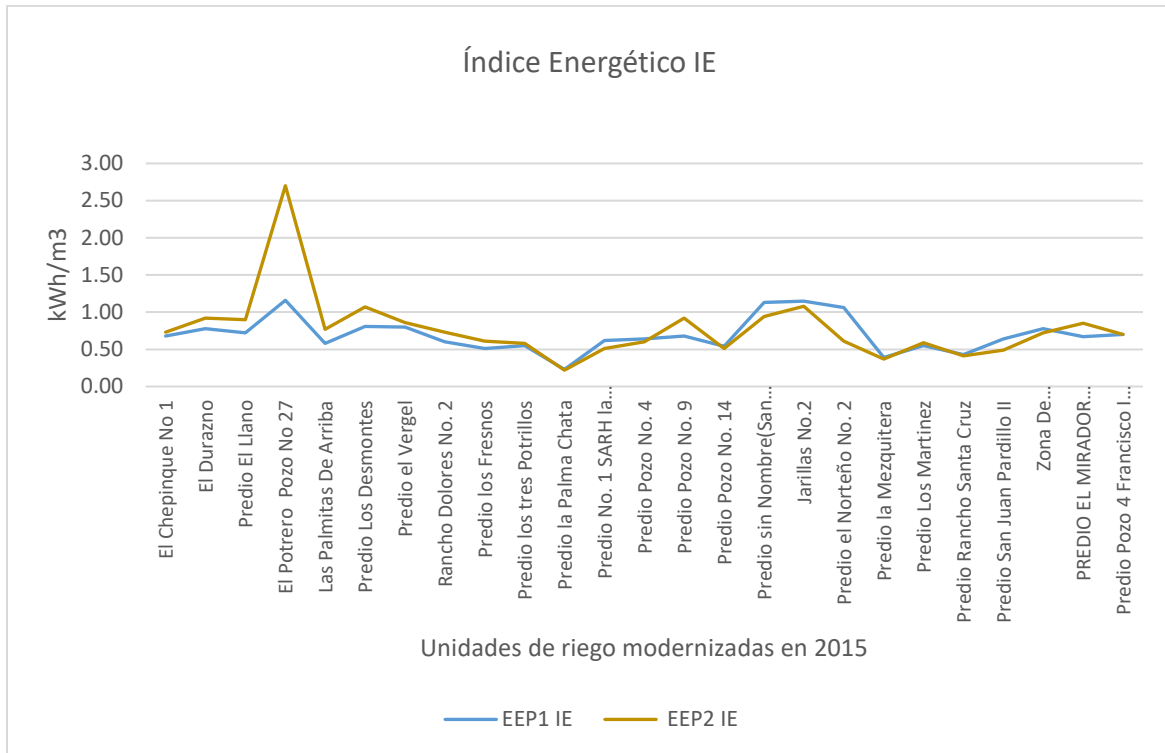


Figura 5.8 Comparación de índice energético ( $\text{kWh/m}^3$ ) en de los aprovechamientos modernizados en 2015 de EEP1 vs EEP2

En la Tabla 5.6 se observa que en la EEER la mayoría de los equipos trabaja con un índice energético que fluctúa de  $0.41 - 0.80 \text{ kWh/m}^3$  mientras que en la EEP2 oscila entre  $0.41$  y  $1.0 \text{ kWh/m}^3$ .

Tabla 5.6 Índice energético y número de pozos

Rango $\text{kWh/m}^3$	Número de pozos		
	IE EEER	IE EEP1	IE EEP2
0.00-2.0	4	0	0
0.21-0.40	13	7	6
0.41-0.60	34	20	25
0.61- 0.80	23	31	24
0.81-1.0	3	10	15
1.1- 2.0	3	11	9
2.1-4.0	0	1	1

En la Tabla 5.7 se puede apreciar que se tiene un número de pozos muy similar para cada año y que tanto el promedio de las eficiencias electromecánicas, índices energéticos y gastos extraídos son semejantes entre sí.

*Tabla 5.7 Comparación de promedios por año de eficiencia, índice energético y caudal para cada una de los años de evaluación*

Año de Equipamiento	Cantidad de pozos	Eficiencia electromecánica (%)			Índice energético (kWh/m <sup>3</sup> )			Caudal (lps)		
		EEER	EEP1	EEP2	EEER	EEP1	EEP2	EEER	EEP1	EEP2
<b>2013</b>	26	62.33	48.66	48.52	0.57	0.76	0.70	20.13	17.36	16.16
<b>2014</b>	29	61.96	47.33	47.60	0.53	0.74	0.72	21.73	15.80	15.78
<b>2015</b>	25	60.01	48.29	46.68	0.52	0.70	0.78	21.38	15.11	14.11

Sin embargo, al analizar individualmente la relación que existe entre una baja eficiencia electromecánica y un alto valor de índice energético, al comparar la EEP2 con la EEP1, se obtiene que 45 aprovechamientos cuentan con un decremento en su eficiencia electromecánica, 11 de los cuales disminuyeron el volumen anual extraído en metros cúbicos y tuvieron un aumento en su costo en la facturación del servicio eléctrico (desde un 10% hasta un 167 %). No obstante, en un número igual de pozos disminuyó el volumen anual extraído en metros cúbicos y se redujo el costo del servicio eléctrico, esto debido a las variaciones en el tiempo de operación del pozo, ya que al comparar las dos pruebas en algunos la diferencia es hasta de tres meses. Otros 20 equipos del total de 45 pozos reportan un alza en el volumen anual extraído en metros cúbicos y un acrecimiento en la facturación del servicio eléctrico por mayor número de días en funcionamiento, y sólo tres manejan índices energéticos iguales.

En la Tabla 5.8 se presenta la percepción del ahorro en el costo de la energía eléctrica, según los usuarios de las unidades de riego solo 71 personas respondieron a este cuestionamiento. Se tiene que el 29.58% de los encuestados no ve ningún ahorro desde la modernización de su equipo, y el 28.17 por ciento identifica un ahorro en su facturación del 10%; mientras que el 1.4 % notó un ahorro de más del 50% y siete usuarios (9.86 %) observó un aumento.

Tabla 5.8 Ahorro en la facturación de la energía eléctrica

Ahorro en la facturación del recibo eléctrico			
% de Ahorro	No. de pozos	% de Ahorro	No. de pozos
5	5	40	0
10	20	50	3
15	6	55	0
20	3	más de 50	1
25	2	Aumentó costo	7
30	3	Sin ningún ahorro	21
Total:			71

### 5.1.3. Causales de diferencias en las eficiencias electromecánicas e índices energéticos

Como se pueden apreciar en las figuras 5.6, 5.7 y 5.8, existen algunos equipos que presentan grandes diferencias en sus eficiencias electromecánicas de un año para otro. Esto se debe a que los equipos presentaron daño o desperfecto después de la primera prueba, o un cambio en su configuración (como un aumento de columna), de tal forma que las condiciones entre cada prueba variaron considerablemente. Por ejemplo, la Tabla 5.9 muestra el número de unidades de riego que después de su modernización han tenido fallas en su bomba. Se tienen que 11 de 23 aprovechamientos la falla se suscitó en un período menor a un año, uno de éstos su falla se debió a un fenómeno natural y un 26.09 por ciento se averió en un lapso de tres años.

Tabla 5.9 Número de bombas dañadas a partir de la modernización

Número	Nombre de la Unidad de Riego	Duración de las bombas después de la Modernización		
		Años		
		0-1	2	3
1	Predio Pozo No. 14	1		
2	Predio sin Nombre (San José)	1		
3	U. de R. El Bordo No. 14			1
4	U. de R. PD. R. La Era No.1	1		
5	U.R el Vergel	1		
6	U.R. San Antonio del Ciprés No. 8		1	
7	Predio Las Gemelas		1	
8	U. de R. Para D.R. Palmira No. 9 Ejido Col. Hidalgo	1 <sup>1</sup>		

<b>9</b>	U. de R. Para El D.R. El Vergel (Canario)	1	
<b>10</b>	U. de R. San Benito Ojuelos	1	
<b>11</b>	U. de R. Las Auras No.14	1	1
<b>12</b>	U.R. Toribio No.36		1
<b>13</b>	UR Predio Lote 46		1
<b>14</b>	Predio el Mirador	1	
<b>15</b>	U. de R. Predio San Manuel No.3		1
<b>16</b>	U. de R. La Alquería		1
<b>17</b>	Predio La Antártida Chilena	1	
<b>18</b>	Predio El Vergel		1
<b>19</b>	Predio el Carmen		1
<b>20</b>	U. de R. Para de D.R. Huizache Negro No. 6		1
<b>21</b>	Jarillas No.2	1	
<b>22</b>	Norteño No. 2	1	
<b>23</b>	Predio los Martínez	1*	

\*A la bomba se le dañó un buje y después fue reparada, <sup>1</sup>Falla Producida por un rayo

En la Tabla 5.10 se tiene una lista de los desperfectos sufridos en las unidades de riego modernizadas y las medidas que se llevaron a cabo para solucionarlas; como se aprecia, existen bombas que han fallado en más de una ocasión, tal es el caso de la unidad de riego San José (Sin nombre), Predio Las Gemelas y U. de R. Las Auras No. 14. También se realizó un aumento de columna en nueve y una disminución en cinco del total de las ochenta unidades de riego estudiadas, no obstante estas averías ha llevado a los usuarios a sustituir el equipo modernizado por el que se tenía originalmente, las unidades de riego que se tienen con este precepto son U. de R. para D.R. Palmira No. 9 Ejido Col. Hidalgo, Predio El Mirador y Predio La Antártida Chilena en los demás casos los equipos fueron sustituidos por otros, incluso proporcionados por la misma empresa quien ejecutó el equipamiento como un préstamo temporal.

*Tabla 5.10 Número de equipos con fallas y medidas tomadas para corregirlas*

Número	Nombre de la unidad de riego	Daño en las unidades de riego y medida adoptada					
		Equipo de Bombeo			Columna de Bombeo		Transformador
		Bomba Quemada	Sustitución de Bomba	Reparación de Bomba	Aumento	Reducción	
1	Predio Pozo No. 14	1		1			
2	Predio sin Nombre (San José)	5	1	4		1	
3	U. de R. El Bordo No. 14			1		1	
4	U. de R. PD. R. La Era No.1	1		1			
5	U.R el Vergel	1		1	1		
6	U.R. San Antonio del Ciprés No. 8	1		1	1		
7	Predio Las Gemelas	2		2			
8	U. de R. para D.R. Palmira No. 9 Ejido Col. Hidalgo	1 <sup>1</sup>	1			1	
9	U. De R. para El D.R. El Vergel (Canario)	1		1			
10	U. de R. San Benito Ojuelos	1		1		1	
11	U. de R. Las Auras No.14	1		2			
12	U.R. Toribio No.36		1				
13	UR Predio Lote 46		1	1			
14	Predio El Mirador	1	1			1	
15	U. de R. Predio San Manuel No.3	1	1				
16	U. de R. La Alquería	1		1		1	
17	Predio La Antártida Chilena	1	1				
18	Predio El Vergel	1		1			
19	Predio El Llano		1				
20	Los Desmontes				1		
21	U. R Majada del gallo				1		
22	U. de R. para el D.R. S.T. Tierra Blanca No.1 16					1	

<b>23</b>	Predio Los tres potrillos			1	
<b>24</b>	San Rosendo El Saladillo			1	1
<b>25</b>	Predio el Carmen	1		1	1
<b>26</b>	U. de R. Para de D.R. Huizache Negro No. 6	1		1	
<b>27</b>	Jarillas No.2	1		1	
<b>28</b>	El Norteño No. 2	1		1	
<b>29</b>	Predio los Martínez	1*		1*	1
<b>30</b>	Predio San Juan Pardillo II				1
<b>31</b>	U. R Pimienta No. 2				1

\*A la bomba se le dañó un buje y después fue reparada, <sup>1</sup>Falla Producida por un rayo

Al comparar los gastos cuantificados por los medidores de flujo instalados y los obtenidos con el medidor ultrasónico se observa una disminución del caudal extraído en el tiempo que no excede un 10%. La desviación estándar entre ambas mediciones no supera el 1%. Cabe aclarar que en el promedio del gasto para los pozos modernizados en el 2013 solo se tomó en cuenta 16 de 26, ya que tres de ellos no funcionaban en la primera prueba. En el 2014 se tomaron siete pozos y en 2015 nueve pozos.

*Tabla 5.11 Promedio y desviación estándar en gastos de extracción en medidores instalados y medidor ultrasónico para la EEP1 y EEP2.*

Año de Equipamiento	EEP1				EEP2			
	Medidor Instalado (lps)	Ultrasónico (lps)	Media (lps)	Desviación Estándar	Medidor Instalado (lps)	Ultrasónico (lps)	Media (lps)	Desviación Estándar
<b>2013</b>	19.16	17.47	18.32	0.85	17.27	15.66	16.47	0.81
<b>2014</b>	11.36	10.76	11.06	0.30	10.93	10.44	10.69	0.25
<b>2015</b>	15.14	13.64	14.39	0.75	13.4	11.93	12.67	0.74



La Tabla 5.12 muestra que siete de los 80 equipos estudiados cuentan con un incremento en su caudal extraído, además de que en cinco de estos existió un aumento en la eficiencia con respecto a la prueba uno, la mayoría de estas tenían como mínimo un mes sin funcionar por causa del período de lluvia, y tres llevaban solo algunas horas encendidas antes de la prueba.

*Tabla 5.12 Unidades de riego con aumento de gasto en la EEP2 y tiempo sin trabajar*

<b>Unidades de riego donde Q en (lps) es mayor en EEP2 que en EEP1</b>	<b>No. de horas trabajando antes de realizar la prueba</b>	<b>Días apagado</b>	<b>Semanas apagado</b>	<b>Meses apagado</b>
<b>U. de R. El Bordo No. 14</b>	ND	15		
<b>Predio Llano Blanco No. 3</b>	2			2
<b>Predio Los Martínez</b>	ND		2.5	
<b>U. de R. Toribio No.44</b>	2			1
<b>Predio El Mirador (Iván)</b>	74			1
<b>Predio Pozo 4 Francisco I Madero</b>	ND		3	
<b>Predio Pozo N°5 Las Bombillas</b>	10			1.5

ND= no determinado

En la Tabla 5.13 se muestra una relación de unidades de riego y el tiempo en horas en que los equipos de bombeo funcionaron antes de realizar la prueba de eficiencia electromecánica, además de su período apagado; la mitad no supera los 15 días sin funcionar.

*Tabla 5.13 Lapso de tiempo sin funcionar de algunos equipos de bombeo antes de la prueba donde el gasto es mayor en EEP1 que en EEP2*

<b>Unidades de riego</b>	<b>No. de horas trabajando antes de realizar la prueba</b>	<b>Días apagado</b>	<b>Semanas apagado</b>	<b>Meses apagado</b>
<b>Predio Rancho Angélica</b>	12			2
<b>U. De R. Para D.R. Palmira No. 9 Ejido Col. Hidalgo</b>	ND	15		
<b>U. de R. San Benito Ojuelos 16</b>	ND	12		
<b>U. de R. Toribio No.38</b>	ND	15		
<b>U. de R. Toribio N° .39</b>	9			
<b>El Milagro</b>	96			1.5
<b>Pozo Predio El Manantial</b>	ND			1.5
<b>Predio San José</b>	48	10		

De lo anterior podemos concluir que estas 15 unidades representan el 18.75 por ciento de un total de 80. De estas 15, cinco de las pruebas se llevaron a cabo en menos de doce horas de haberse encendido.

#### 5.1.4. Obtención de consumos energéticos y volumétricos de 80 equipos electromecánicos en unidades de riego

Respecto a la cuantificación del volumen acumulado en medidores instalados, se tiene que dos de ellos no se encontraron instalados en la visita realizada para la EEP1, tres de ellos dejaron de funcionar en algún momento después de la EEP1 y uno cambio de equipo en su totalidad. Por lo anterior, la comparación de los volúmenes acumulados se realizó entre 74 unidades de riego.

Los datos proporcionados por el formato FR-C (Figura 4.11) exhiben que los volúmenes acumulados de todas las unidades de riego en los medidores instalados en los equipos de bombeo de la EEP1 tienen un máximo de 724,549.70 y mínimo 7,856.40 metros cúbicos; mientras que en la EEP2 se cuenta con 11,951.70 y 951,006.00 metros cúbicos mínimos y máximos respectivamente. En las figuras 18, 19 y 20 se observa gráficamente la comparación de los volúmenes acumulados de acuerdo al año en que fueron modernizados los equipos según los expedientes PMTEUR.

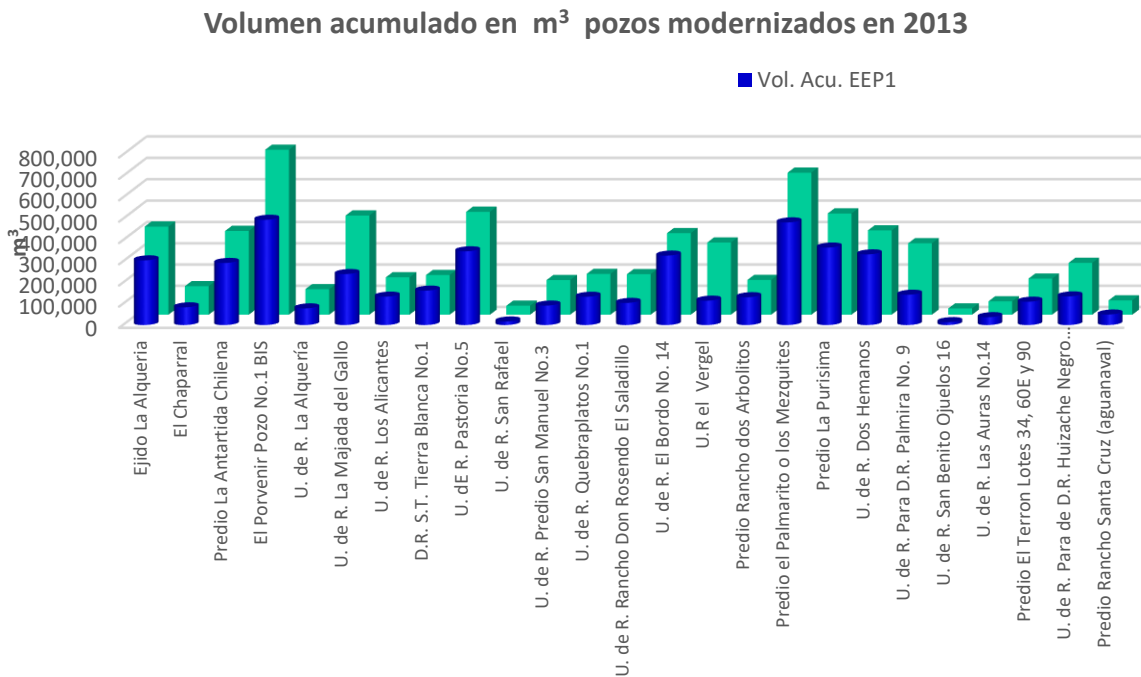


Figura 5.9 Comparación entre el volumen acumulado de la EEP1 y la EEP2 (año 2013)

En la Figura 5.9, Figura 5.10 y Figura 5.11 se observa la comparación entre los volúmenes acumulados de los aprovechamientos modernizados en los años 2013, 2014 y 2015

respectivamente. Esto para los datos obtenidos en la EEP1 y la EEP2. Algunas discrepancias en los datos se mencionan a continuación. Para el año 2013, el medidor volumétrico instalado en el “Predio Pozo el Manantial” en la EEP1 no funcionaba, así que fue sustituido por otro de la misma marca. Para el año 2014, el “Predio el Carmen” cuenta con un volumen acumulado de 47,584.5 y 47,833.8 metros cúbicos para la prueba uno y dos correspondientemente (Figura 5.10) reportando su uso según el recibo de consumo eléctrico solo en 2 meses en el período agosto 2015 - agosto 2016 esto debido tal vez a que la bomba se averió. En este año también, Se tiene que las unidades de riego denominadas Toribio 36, 38, 39 y 44 cuentan con un aumento de en el volumen acumulado desde la prueba uno un incremento de 108.4% a un 183% tal como se observa en la Figura 5.10. Por otra parte, el predio “Haras Adriana Smith” tiene un decremento de su valor de volumen acumulado en la EEP2 con respecto a la EEP1 del orden de 82.45% el usuario no proporcionó información al respecto sobre esta situación.

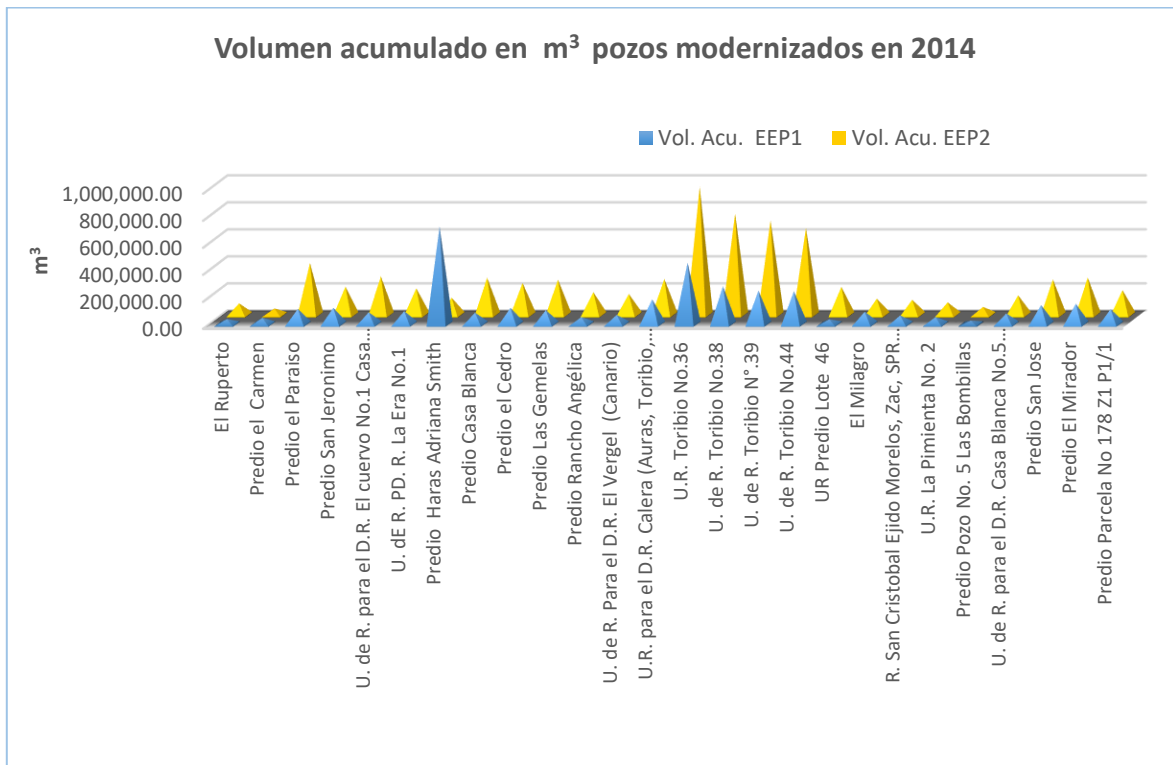


Figura 5.10 Comparación entre el volumen acumulado de la EEP1 y la EEP2 (año 2014)

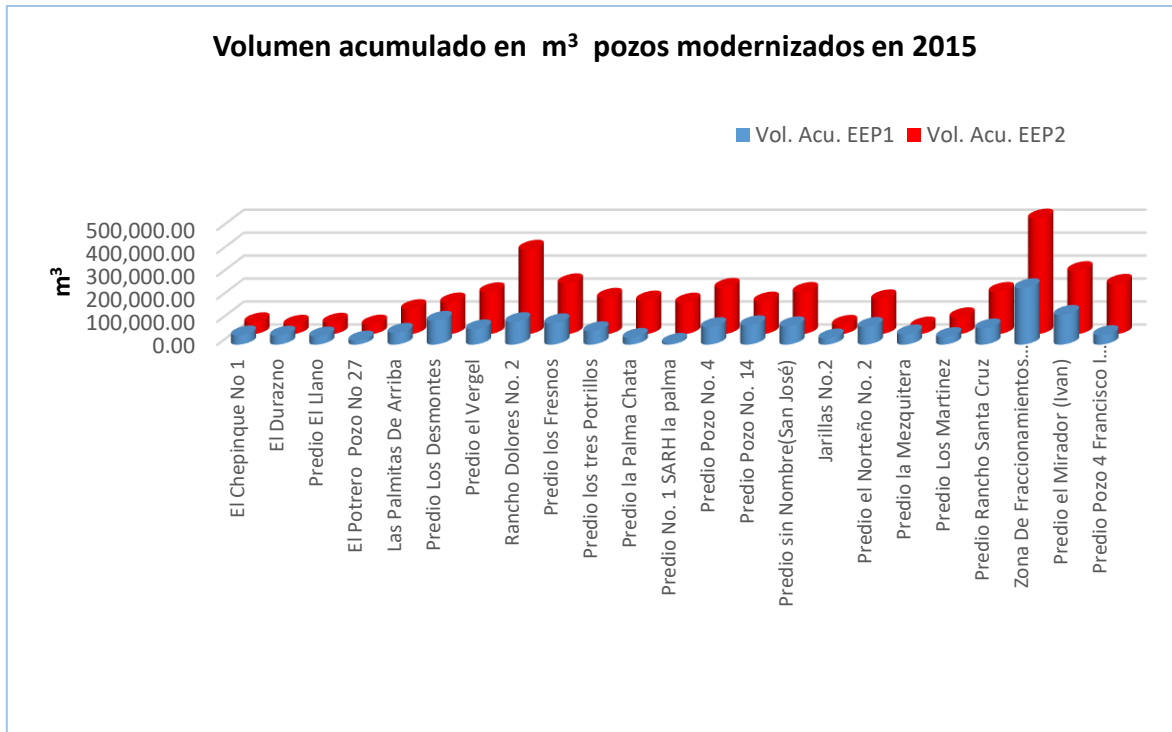


Figura 5.11 Comparación entre el volumen acumulado de la EEP1 y la EEP2 (año 2015)

Las Figuras 5.12, 5.13 y 5.14 muestran la discrepancia entre las mediciones del gasto de extracción obtenido en los medidores de flujo instalados en el tren de descarga y el medidor de flujo ultrasónico portátil empleado por la brigada, para cada uno de los años en los que fueron modernizados los equipos. En ellas se puede observar que en la mayoría de los casos el gasto es menor en el ultrasónico con una desviación estandar de 0.06 y 3.34 como mínima y máxima respectivamente. Cabe aclarar que 21 medidores de flujo instalados no funcionan correctamente (no marcan el caudal en la pantalla del medidor).

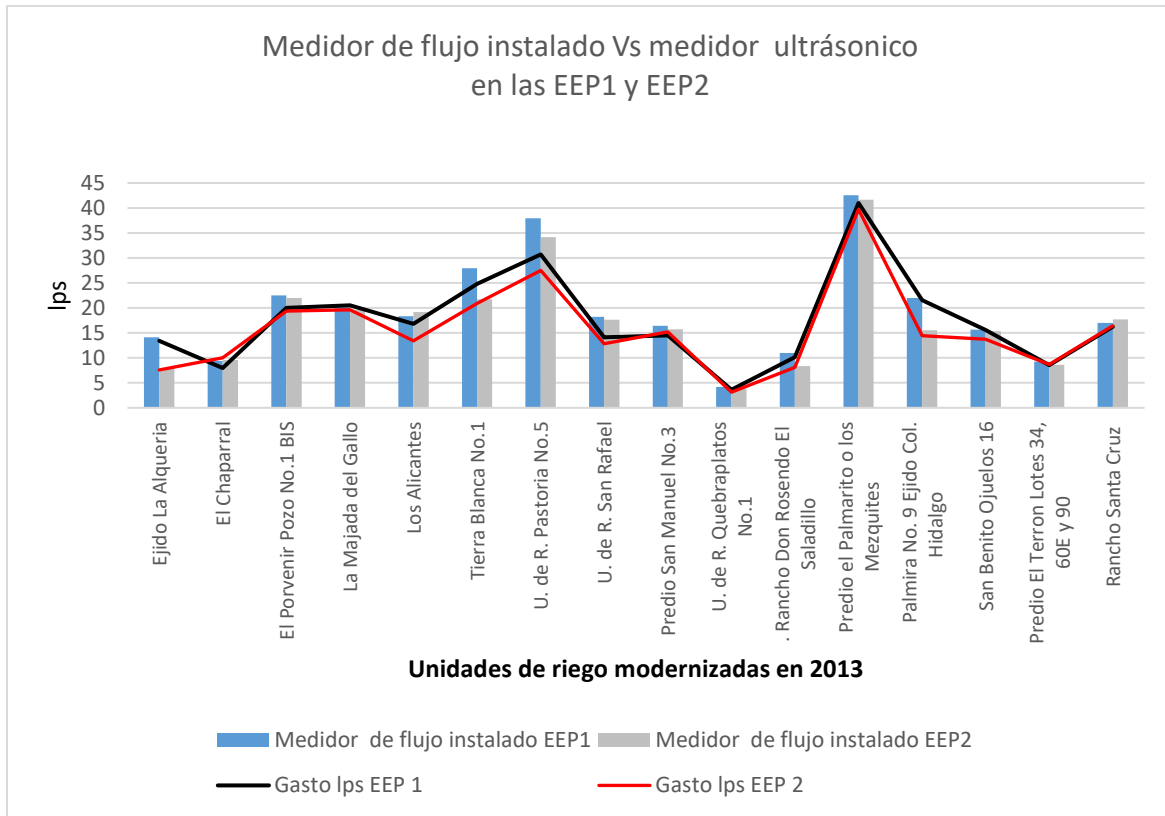


Figura 5.12 Medidores de flujo instalados Vs medidor de flujo ultrasónico en unidades de riego modernizadas en 2013

En la Figura 5.12 la línea de color rojo muestra en la mayoría de los casos una tendencia a disminuir con respecto al caudal cuantificado en la EEP1. Sin embargo, existe una desviación estándar en general pequeña al comparar el gasto obtenido en el medidor de flujo instalado en la EEP2 y el contabilizado por el medidor de flujo ultrasónico usado en la misma prueba, ya que el 68.75 % de los 16 aprovechamientos cuenta con una desviación estándar menor al uno por ciento al realizar la contratación de los dos medidores en la EEP2.

Las Figuras 5.13 y 5.14 muestran la información de los pozos modernizados en 2014 y 2015 respectivamente. Como se observa, se tienen registrados pocos aprovechamientos entre los cuales pueda realizarse una comparación, esto se debe a que como ya se hizo mención algunos de los medidores de flujo no funcionan como deberían, ya que no indican el caudal extraído en el medidor, y cuando se realizó la EEP1 en algunos casos no era solicitado el dato del gasto de los medidores instalados. No obstante, en la Figura 5.13 se aprecia una diferencia pequeña (de 0.12 a 0.68 de la desviación estándar entre ellos) entre la medición del medidor de flujo ultrasónico y el medidor instalado en el tren de descarga

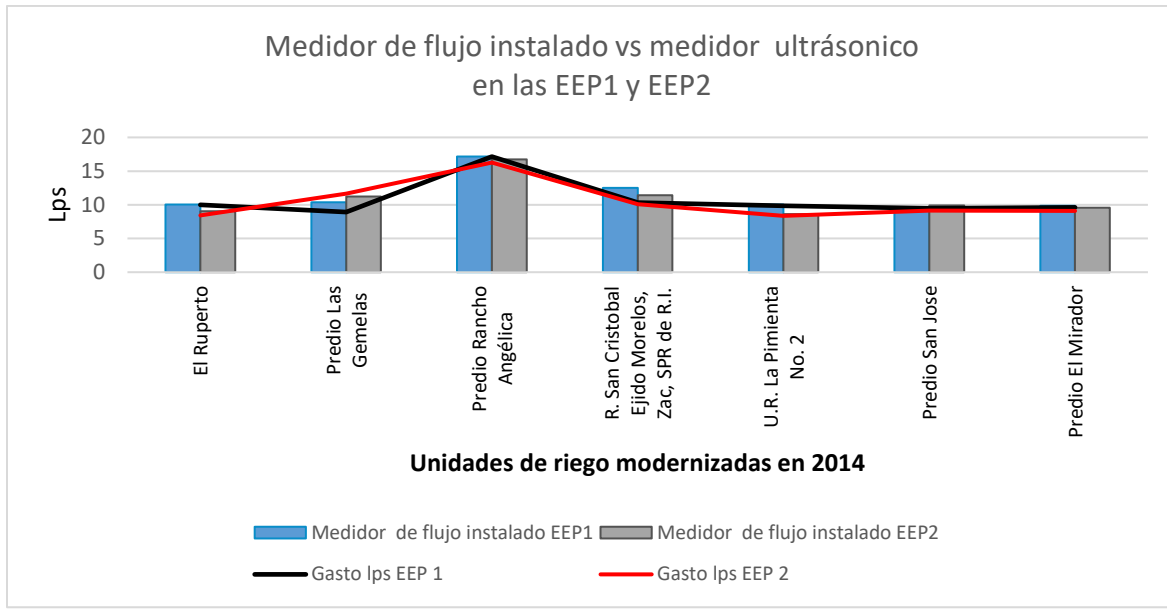


Figura 5.13 Medidores de flujo instalados Vs medidor de flujo ultrasónico de las unidades de riego modernizadas en 2014

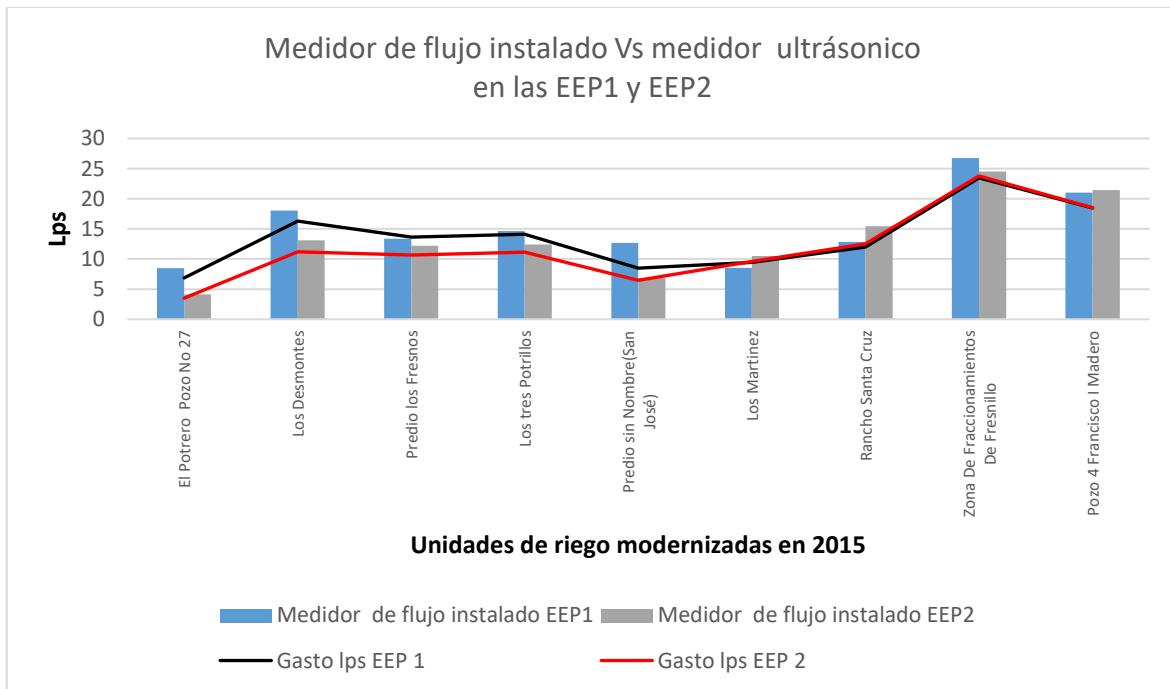


Figura 5.14. Medidores de flujo instalados Vs medidor de flujo ultrasónico de las unidades de riego modernizadas en 2015

En lo que respecta al consumo energético, al analizar el recibo de energía eléctrica en los últimos doce meses se concluye que el promedio mensual consumido por equipo es de 11,139.33 kWh (Tabla 5.14). El 97% de las unidades analizadas reciben cargos en sus recibos de consumo

eléctrico debido a las penalizaciones por su bajo factor de potencia; a pesar de esta observación según la Tabla 8 la percepción de los usuarios es un poco distinta ya que según el 28.17% de 71 encuestados perciben un ahorro en su pago efectuado por este concepto del 10%. Se presenta únicamente un caso donde se tiene un registro de 400 kWh (mínimo) consumidos debido a que solamente operó dos meses en el período agosto 2015-2016.

Tabla 5.14. Consumos de energía eléctrica en kWh

Tarifa	No. Usuarios	Consumo kWh		
		Mínimo	Máximo	Promedio
9N	80	400	34,889.20	11,139.33

Otro dato importante en cuanto al suministro de energía lo reporta el Predio Zona De Fraccionamientos de Fresnillo (Pivote De Nuevo Día Col. Hidalgo), según el usuario sufre variaciones de voltaje cada semana.

La bomba con motor sumergible es la que predomina en las 80 unidades estudiadas (75 de 80 unidades). De acuerdo a la Tabla 5.15 se tienen la potencia de un total de 78 bombas reportada ya que en el Predio La Antártida Chilena y Predio El Mirador (de Iván Pérez), la bomba del programa fue sustituida por otra para la cual los usuarios no conocen la capacidad. La mayoría de las bombas trabajan con una potencia que varía de 20 y 50 hp.

Tabla 5.15. Intervalo de potencia (hp) en las bombas de los equipos electromecánicos evaluados

Intervalo de potencias Hp	Nivel de eficiencia electromecánica (%)	Bombas con motor sumergible	Bombas con motor vertical	Número de equipos (EEP2) que cumplen con NOM-006-ENE-2015
	NOM-006-ENE-2015			
7.5-20	52	2	0	0
21-50	56	37	1	7
51-125	60	33	4	5
126-350	64	1	0	0
<b>Total:</b>		75	5	12

Un aspecto importante a resaltar de la información mostrada en la Tabla 5.15, es que solo el 15.39 % de los equipos de bombeo cumplen con el criterio establecido con la Norma Oficial Mexicana NOM-006-ener-2015. Este criterio indica que cualquier sistema de bombeo para pozo profundo que utilice la energía eléctrica cuya eficiencia electromecánica resulte menor o igual al 40

% en forma combinada (bomba-motor) deben efectuarse acciones de rehabilitación o sustitución de los equipos electromecánicos con el propósito de elevarlos a los niveles establecidos en la Tabla 5.15, como mínimo.

### 5.1.5. Información de producción agrícola de las unidades de riego evaluadas

De las ochenta unidades de riego estudiadas, los cultivos más representativos en cuanto a superficie cultivada en orden de importancia son: chile, alfalfa, maíz, frijol y vid; mientras que la lechuga, tomate verde, tomate, calabaza y col de bruselas fueron cosechados en menor proporción, tal y como se aprecia en la Figura 24. Cabe mencionar que en la EEP1 el cultivo con mayor incidencia fue el chile y ahora sólo el 35.29% de las unidades de riego cambiaron de chile a otro cultivo, en el caso del maíz 50% de ellas modificaron este cultivo por otro, el ajo y camote que se presentaron cultivados en la EEP1 ahora fueron intercambiados por los cultivos de chile y tomate verde, esto puede deberse a la rotación de cultivos que realizan los usuarios; no así en los cultivos perennes como la vid.

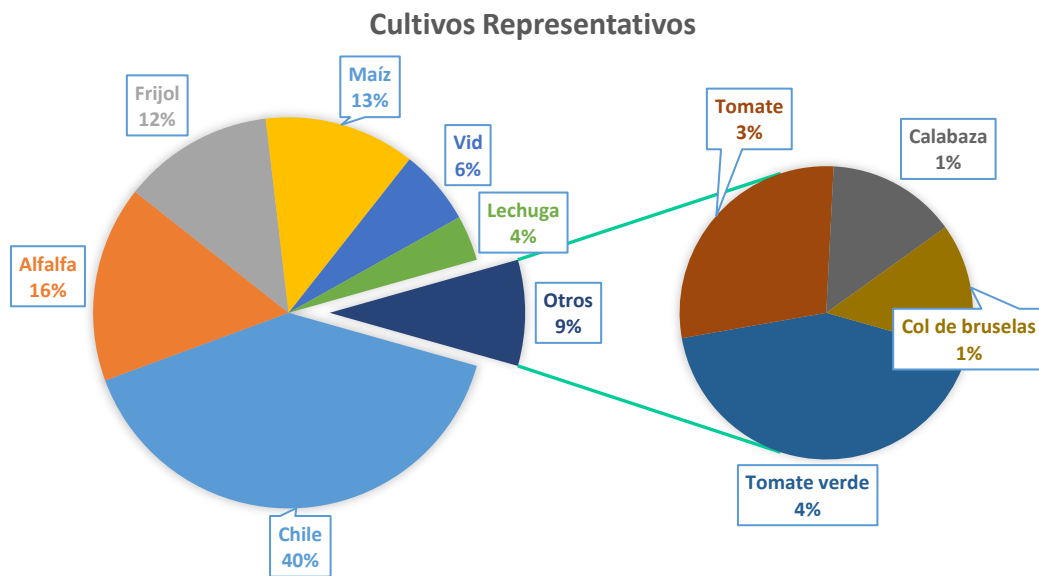


Figura 5.15 Cultivos representativos en unidades de riego analizadas

En la Figura 5.15 se observa que el sistema de riego más empleado en la EEP1 fue la cintilla con un 65%, un 26% de riego rodado y el multicompuerta con un 6%. Sin embargo, para la EEP2 se visualiza una disminución en el riego por gravedad habiendo sido cambiado este por multicompuerta, cintilla y aspersion.



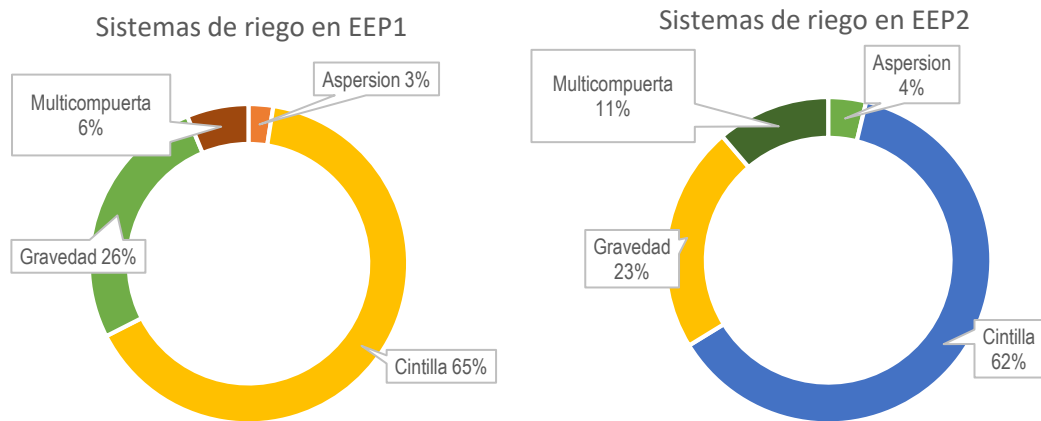


Figura 5.16 Sistema de riego más utilizado en las unidades de Riego

En la Figura 5.17 se puede apreciar los cultivos cosechados actualmente en las unidades de riego. La Figura 5.18, por otro lado, muestra algunos sistemas de riego utilizados para irrigar las parcelas de las unidades de riego modernizadas.



Figura 5.17 Imágenes de algunos cultivos cosechados en las unidades de riego estudiadas



Figura 5.18 Algunos sistemas de riego utilizados en las unidades de riego

El listado de los cultivos sembrados por las unidades de riego evaluadas se presenta en el Anexo 3. Los cultivos con mayor precio en el mercado (\$/ton) son la uva y el chile, siendo éste último el que cuenta con una mayor cobertura en superficie. Respecto a los costos de producción (\$/ha), los cultivos de col de bruselas, vid y el tomate son los más elevados. En el predio Rancho Dolores el rendimiento obtenido en alfalfa es de 7 Ton/ha por corte, con siete u ocho cortes por año utilizándolo para silo, mismo que emplean para alimentar a sus vacas. Los cultivos con mayor utilidad son el chile, la col de bruselas y el tomate. El Predio San José y el Predio el Mirador venden su producto verde (en podre) por ello su precio medio rural es más bajo en comparación con los demás cultivos de chile. Los promedios de rendimiento para cada uno de los cultivos de las unidades de riego investigadas son: chile 1.81 ton/ha, alfalfa 16.92 ton/ha, lechuga y/o col de bruselas 25 ton/ha, tomate 67.50 ton/ha, maíz 6.75 ton/ha, maíz para silo 37.50 ton/ha, tomate verde 14.67 ton/ha y vid 7.67 ton/ha.

## 5.2. Validación de la calidad de la estimación volumétrica por el índice energético y su variación respecto al tiempo

### 5.2.1. Variación del índice energético respecto al tiempo

La Tabla 5.16 muestra los promedios de las diferencias porcentuales de los resultados de las EEP1 y EEP2 para la eficiencia electromecánica, el índice energético y el gasto. Es necesario señalar, que, para hacer la comparación en las condiciones adecuadas, se excluyeron los equipos cuyas características físicas y de operación cambiaron entre las dos pruebas. Para esto, se siguió como referencia la información de la Tabla 5.10, de la cual se seleccionaron para su eliminación los equipos cuya bomba fue sustituida o reparada en dos o más ocasiones, el transformador fue cambiado, o la profundidad de la columna de bombeo fue modificada. En total, se quedaron 54 equipos en la comparación. De acuerdo a la Tabla 5.10, para el caso de la eficiencia, se aprecia que existe una pérdida promedio de un año a otro del 4.33%, aunque, este porcentaje es mayor para los equipos modernizados en el año 2013 (5.74%). Para el caso del índice energético, el incremento promedio

es del 2.76%, siendo del 3.85% para los equipos modernizados en el año 2013. Relacionado con el índice, el gasto, también ha sufrido modificaciones, pues en promedio ha disminuido un 6.66% desde la prueba realizada en el año 2015.

Tabla 5.16. Comparación de resultados promedios anuales de eficiencia electromecánica, índice energético y gasto.

Año de modernización	Cantidad de equipos considerados	Eficiencia electromecánica (%)			Índice energético (kWh/m <sup>3</sup> )			Gasto (lps)		
		Pro-medio IMTA 2015	Pro-medio IMTA 2016	Pro-medio de porcentaje de variación (%)	Pro-medio IMTA 2015	Pro-medio IMTA 2016	Pro-medio de porcentaje de variación (%)	Pro-medio de IMTA 2015	Pro-medio de IMTA 2016	Pro-medio de porcentaje de variación (%)
<b>2013</b>	16	49.17	46.17	-5.74	0.64	0.67	3.85	18.32	16.70	-9.54
<b>2014</b>	20	48.69	46.07	-5.67	0.71	0.75	2.69	16.20	15.06	-8.10
<b>2015</b>	18	47.24	46.73	-1.59	0.66	0.75	1.87	15.28	14.53	-2.48
<b>Total</b>	<b>54</b>	<b>48.35</b>	<b>46.32</b>	<b>-4.33</b>	<b>0.67</b>	<b>0.73</b>	<b>2.76</b>	<b>16.52</b>	<b>15.37</b>	<b>-6.66</b>

### 5.2.2. Error teórico en el índice energético

El error del índice energético puede deberse a la desviación de alguno de los dos factores que lo componen, que de acuerdo a la ecuación 1, son el gasto (Q) y la potencia activa (P<sub>a</sub>). A continuación, se describe el error presente en cada uno de estos factores.

#### 5.2.2.1. Error derivado de la determinación del gasto hidráulico

Para efectos del presente proyecto, el gasto fue determinado en campo, utilizando en lo posible tres métodos:

- i. El gasto indicado por el medidor instalado en el equipo
- ii. El gasto indicado por un medidor ultrasónico
- iii. El gasto por el método volumétrico

La metodología para realizar estas mediciones se describió en la sección 4.2.2. La Tabla 5.17 muestra la medición promedio obtenida en el gasto para cada uno de los métodos, junto con su desviación estándar promedio y porcentual y la diferencia porcentual obtenida para los otros métodos. Como se puede observar en la segunda columna de la Tabla 5.17, de los 80 equipos de bombeo evaluados, se pudieron obtener lecturas válidas de gasto para 58 pozos; 78 fueron evaluadas con el medidor ultrasónico y el método volumétrico únicamente pudo ser aplicado únicamente a 25 pozos. Dada su mayor disponibilidad, el método del medidor ultrasónico fue el que se utilizó para el cálculo del índice energético, que como se puede ver en la Tabla 5.17, tiene una desviación estándar promedio porcentual de 4.31%. No obstante, algunos autores consideran al

método volumétrico como el más preciso cuando los gastos no exceden de 30 lps. Considerando esto, la diferencia que existe entre el método volumétrico y el medidor ultrasónico, que como muestra la Tabla 5.17, es de 9.58%.

*Tabla 5.17 Determinación de errores y diferencias para cada uno de los métodos utilizados en la medición del gasto.*

Método	Observaciones (equipos de bombeo)	Media (lps)	Desviación estándar promedio (lps)	Desviación estándar promedio (%)	% de diferencia promedio respecto al medidor instalado *	% de diferencia promedio respecto al método ultrasónico*	% de diferencia promedio respecto al método volumétrico*
Medidor instalado	58	15.50	0.78	4.31	-	9.10	9.49
Ultrasónico	78	15.14	0.85	4.90	9.10	-	9.58
Volumétrico	25	16.77	0.48	3.37	9.49	9.58	-

\* Promedio de diferencias calculadas cuando ambas mediciones para el mismo equipo de bombeo están disponibles

#### 5.2.2.2. Error derivado de la determinación de la potencia activa

La potencia activa se determinó por medio de un equipo de lectura de parámetros eléctricos, como se describió en la Sección 4.2.1.1. La desviación estándar presente en esta medición a lo largo de las 3 lecturas realizadas para obtener el promedio finalmente reportado permite obtener una estimación del error. Usando este procedimiento, se calculó de manera porcentual la desviación de la potencia respecto a su media (valor reportado) para los 80 pozos evaluados, obteniendo la información estadística que se presenta en la Tabla 5.18.

*Tabla 5.18. Variación porcentual respecto a la media en el cálculo del índice energético en tres mediciones distintas de la potencia activa.*

Variable	Estimación
Promedio de desviaciones respecto a la media (%)	7.65
Desviación estándar en el promedio de desviaciones	±7.24
Valor mínimo (%)	0.76
Valor máximo (%)	39.56

De la Tabla 5.18 se puede observar, que el promedio de desviaciones es de 7.65%, que corresponde al error derivado por la potencia activa para el índice energético.

### 5.3. Actualización del portal SIEVA

La aplicación SIEVA fue actualizada para incluir la información de los consumos eléctricos de las unidades de riego evaluadas. Se definió un portal de acceso institucional para acceder a la aplicación, el cual fue denominado como sieva.imta.mx. La Figura 5.19 muestra el portal de acceso al sistema.



Figura 5.19 Portal de acceso al SIEVA (<http://sieva.imta.mx>)

La actualización de la información del índice energético y los consumos eléctricos de las unidades de riego evaluadas en SIEVA permitió estimar el volumen extraído en un año y comparar dicho valor contra el volumen concesionado. La comparación se realiza obteniendo el volumen porcentual que las extracciones anuales exceden a la concesión. De esta comparación, se encontraron 13 unidades (24.52%) con extracciones anuales por encima de la concesión, con valores del 20.36% hasta un 292.08%. En promedio, se tiene una sobre-extracción del 102.72%. Esta información se muestra en la Tabla 5.19.

Tabla 5.19. Unidades de riego con extracciones acumuladas anuales superiores al volumen concesionado

Folio	Volumen concesionado (m <sup>3</sup> )	Volumen estimado SIEVA 2015 (m <sup>3</sup> )	Error del método indirecto calculado con medidor (%)	% Sobre- explotación
2013-165	120,000.00	280,790.00	<b>106.77</b>	292.08
2013-503	216,000.00	210,140.00	<b>1.02</b>	20.36
2013-52	120,000.00	125,834.00	<b>23.12</b>	50.15
2013-84	48,000.00	57,894.00	<b>52.18</b>	241.78
2014-252	100,000.00	53,421.00	<b>41.16</b>	47.55
2014-278	240,000.00	274,880.00	<b>6.19</b>	75.70
2014-310	168,000.00	183,755.00	<b>3.22</b>	93.17
2014-311	60,000.00	76,284.00	<b>13.51</b>	120.29
2014-394	120,000.00	175,776.00	<b>122.22</b>	66.60
2014-485	30,000.00	26,000.00	<b>5.63</b>	166.75
2015-103	27,000.00	8,508.00	<b>9.14</b>	36.65
2015-20	90,000.00	63,389.00	<b>27.98</b>	36.60
2013-178	66,000.00	47,985.00	<b>51.48</b>	87.67
			<b>Promedio</b>	<b>102.72</b>

## 6. Conclusiones

El presente proyecto realizó la comparación de eficiencias electromecánicas, gastos e índices energéticos que fueron obtenidos durante los años 2015 y 2016. Las pruebas realizadas son identificadas como EEP1 y EEP2 respectivamente. La comparación de parámetros abarcó un total de 80 pozos, 37 en Calera, 19 en Chupaderos, 16 en Loreto, cinco en La Blanca, dos en Ojocaliente y uno en Aguanaval. Originalmente se había planeado hacer el estudio en únicamente tres acuíferos, pero condiciones que dejaron fuera de operación a algunos pozos hicieron necesario utilizar pozos de otros acuíferos, considerando siempre que estuvieran en el grupo de pozos evaluados en el año 2015. De esta forma, se compararon las eficiencias electromecánicas, el gasto y el índice energético.

Respecto a la eficiencia electromecánica, el promedio total de las eficiencias obtenidas en la primera y segunda prueba fueron de 48.06 y 47.61% respectivamente. De los resultados, se tiene que 36 y 32 de los equipos examinados tienen una eficiencia electromecánica entre el 40 y 50 %, tanto en la EEP1 como en la EEP2 respectivamente; esta baja eficiencia puede atribuirse a varios factores, siendo el más común el aumento del índice energético, que está asociado a cambios como aumentos de columna de succión y reparaciones continuas de bombas. No obstante, el decremento no fue generalizado, pues se observó que 35 equipos tuvieron un aumento en su eficiencia electromecánica con respecto a la prueba uno. En el 37.14 % de éstos, el aumento se debió a la realización de algún ajuste o cambio en el equipo, siendo la principal causa la sustitución o reparación de la bomba. Considerando que este cambio produce un equipo con una configuración distinta a la que se presentó en la primera prueba, se determinó nuevamente la eficiencia promedio excluyendo dichos equipos, obteniendo que, en promedio, la eficiencia en los equipos ha disminuido un 4.33%. Esta disminución es mayor en los equipos modernizados en el año 2013, que presentan una diferencia entre el 2015 al 2016 del 5.74%. Para equipos modernizados en el año 2014 fue de 5.67% y para el 2015 1.59%. La tendencia de estos resultados muestra un desgaste asociado al tiempo, pues la diferencia porcentual es mayor en los equipos que fueron modernizados en primer lugar en el tiempo.

Cabe señalar, que algunos pozos registraron incrementos en la eficiencia reportada en la EEP2 por razones ajenas a un cambio en su configuración. Concretamente, cuatro equipos en la EEP2 que presentan un incremento respecto a la eficiencia electromecánica EEP1 que parece deberse al momento de la realización de la prueba, pues los pozos llevaban varios días o semanas sin funcionar y fueron encendidos solo el tiempo de duración de la prueba.

Respecto al gasto, es necesario distinguir que se tienen 50 equipos de bombeo con columna de succión de 4 pulgadas y el resto cuentan con columna de succión de 6 pulgadas. El caudal promedio extraído por los equipos de bombeo fue en la EEP1 de 12.30 lps para el diámetro de 4 pulgadas y 22.41 lps para la de seis en la EEP1; sin embargo, en la prueba EEP2 se tienen los siguientes valores: 11.68 y 21.51 lps para diámetros de succión de 4 y 6 pulgadas respectivamente. Haciendo el ajuste de quitar a aquellos equipos que sufrieron cambios en su configuración, la diferencia promedio porcentual del gasto del 2015 al 2016 fue del 6.66% en total (negativa), siendo del 9.54% para los



equipos modernizados en el 2013, 8.10% para los modernizados en el 2014 y 2.48% para los modernizados en el 2015.

Los promedios de los niveles tanto estáticos como dinámicos en la EEP2 se observan con poca variación con respecto de la EEP1. No obstante, cabe mencionar que algunos aprovechamientos visitados llevan días o hasta semanas sin funcionar por la temporada de lluvias; además algunos usuarios informaron que conforme pasa el tiempo los gastos y niveles dinámicos se siguen modificando hasta estabilizarse.

Respecto a los cambios mencionados en los pozos, se tiene que, desde el año 2015, se ha realizado un aumento de columna en nueve y una disminución en cinco del total de las ochenta unidades de riego. Algunas de las razones por las cuales se realizó el aumento a 4 equipos de bombeo fue que el nivel dinámico era inferior al nivel de la bomba, en dos la bomba se quemó y se aprovechó la oportunidad para aumentarla y en los otros tres no se dio una razón específica. En cuanto a la disminución de la columna de bombeo se tiene que dos aprovechamientos se azolvieron y fue necesario restar longitud a la tubería, en dos más, las bombas fueron removidas pero no se especificó la razón para esta acción y en uno de los cinco predios se averió una de las roscas de la columna, por lo que dicha rosca fue retirada.

Respecto al índice energético, considerando todos los equipos, se tiene que en la EEP1 la mayoría de los equipos trabaja con un índice que fluctúa entre 0.41 y 0.80 kWh/m<sup>3</sup>, mientras que en la EEP2 se tiene que la mayor parte de los equipos oscila entre 0.41 y 1.0 kWh/m<sup>3</sup>. Para las unidades de riego modernizadas en 2014, se observan varias discrepancias entre ambas pruebas siendo el índice energético promedio para la prueba uno de 0.74 kWh/m<sup>3</sup> y 0.72 kWh/m<sup>3</sup> para la prueba dos. El 48.27 por ciento de los equipos disminuyó su índice energético mientras que el 13.79% continúa con el mismo valor. En el 2015, el 52% de los equipos modernizados aumentaron su índice energético y solo 1 continúa con el mismo valor. Al comparar la EEP2 con la EEP1 45 aprovechamientos cuentan con un decremento en su eficiencia electromecánica, 11 de éstos disminuyeron el volumen anual extraído en metros cúbicos y un aumento en su costo en la facturación del servicio eléctrico (desde un 10% hasta un 167 %). No obstante, en un número igual de pozos disminuyó el volumen anual extraído en metros cúbicos y redujo el costo del servicio eléctrico, esto debido a las variaciones en el tiempo de operación del pozo en algunos la diferencia es hasta de tres meses al comparar las dos pruebas. Otros 20 del total de 45 pozos reportan un alza en el volumen anual extraído en metros cúbicos y un acrecimiento en la facturación del servicio eléctrico por cuestiones de mayores días funcionamiento, y sólo tres manejan índices energéticos iguales.

Un análisis diferenciado, quitando nuevamente los equipos que cambiaron su configuración del año 2015 al 2016, muestra que el índice energético se ha incrementado un 2.76% en promedio en los 53 equipos que quedaron en igualdad de condiciones. Los equipos modernizados en el 2013 presentaron una diferencia del 3.85%, los del 2014 del 2.69% y los del 2015 del 1.87%.

El análisis de confiabilidad del índice energético indica que éste presenta una desviación estándar promedio del 4.9% respecto a la media en la medición del gasto. Esta variación se presenta en el método ultrasónico, el cual fue el utilizado para los 80 pozos. La variación en el método volumétrico es menor, cerca del 3 %. Sin embargo, el método volumétrico solo pudo ser aplicado a



22 unidades de riego, ya que la mayoría de los pozos están entubados. Por otro lado, la desviación en la potencia activa de la media es del 7.6%, la cual fue calculada con el total de los pozos.

Respecto al ahorro en el costo de la energía eléctrica, según los usuarios de las unidades de riego, solo 71 personas respondieron a este cuestionamiento. Se tiene que el 29.58% de los encuestados no ven un ahorro desde la modernización de su equipo, y el 28.17 por ciento identifican un ahorro en su facturación del 10%, mientras que el 1.4 % notó un ahorro de más del 50% y siete correspondiente al 9.86 % observó un aumento.

En relación al estado físico de los medidores volumétricos, la mayoría funciona, solo 21 de ellos no marcan el flujo en la pantalla únicamente el volumen acumulado. Dos de los medidores de flujo no se encontraban instalados al momento de hacer la EEP1; sin embargo, en la realización de la EEP2 ya se encontraron colocados.

La comparación de los volúmenes acumulados se realizó solo entre 74 unidades de riego. El valor máximo para la EEP1 es de 724,549.70 y mínimo 7,856.40 metros cúbicos; mientras que en la EEP2 se cuenta con 11,951.70 y 951,006.00 metros cúbicos mínimos y máximos respectivamente.

Se observa una diferencia entre las mediciones dadas por el medidor de flujo ultrasónico y el medidor instalado en el tren de descarga, ya que en la mayoría de los casos el gasto es menor en el ultrasónico con una desviación estándar entre ellos de 0.06 y 3.34, como mínima y máxima respectivamente. Cabe aclarar que 21 medidores de flujo instalados no funcionan correctamente (no marcan el caudal en la pantalla del display) y de otros no se cuenta con la información de el medidor de flujo instalado ya que dicha información no era requerida en la EEP1. De esta forma, solo se cuenta con información confiable de 32 medidores de flujo instalados y revisados a la hora de realizar las pruebas electromecánicas.

Respecto al consumo energético, al analizar el recibo de energía eléctrica en los últimos doce meses se concluye que el promedio mensual consumido por equipo es de 11,139.33 kWh. El 97% de las unidades analizadas reciben cargos en sus recibos de consumo eléctrico debido a las penalizaciones por su bajo factor de potencia. A pesar de esta observación, la percepción de los usuarios es un poco distinta ya que según el 28.17% de 71 encuestados perciben un ahorro en su pago efectuado por este concepto, el cual se determina cercano a 10%. Se presenta únicamente un caso, donde se tiene un registro de 400 kWh (mínimo) consumidos debido a que solamente operó dos meses en el período agosto 2015-2016.

Los cultivos predominantes en el ciclo agrícola 2015-2016 fueron el chile, alfalfa, maíz, frijol y vid, mientras que la lechuga, tomate verde, tomate calabaza y col de bruselas fueron cosechados en menor proporción. Cabe mencionar que en la EEP1 el cultivo con mayor incidencia fue el chile y ahora sólo el 35.29% de las unidades de riego cambiaron de chile a otro cultivo; en el caso del maíz 50% de ellas modificaron este cultivo por otro, el ajo y camote que se presentaron cultivados en la EEP1 ahora fueron intercambiados por los cultivos de chile y tomate verde, mientras que la vid por ser cultivo perenne no presenta modificaciones.

El sistema de riego más empleado en la EEP1 fue la cintilla con un 65%, un 26% de riego rodado y la multicompuerta con un 6%. Sin embargo para la EEP2 se visualiza una disminución en el riego por gravedad habiendo sido cambiado este por multicompuerta, cintilla y aspersión

La bomba con motor sumergible es la que predomina en las 80 unidades estudiadas (75 de 80 unidades). Se tienen la potencia de un total de 78 bombas reportadas, ya que en dos predios la bomba fue sustituida por otra de la cual los usuarios no conocen la potencia. La mayoría de las bombas trabajan con una potencia que varía entre 20 y 50 hp.

Los cultivos con mayor utilidad son el chile, la col de bruselas y el tomate. El Predio San José y el Predio el Mirador venden su producto verde (en podre) por ello su precio medio rural es más bajo en comparación con los demás cultivos de chile. Los promedios de rendimiento para cada uno de los cultivos de las unidades de riego investigadas son: chile con 1.81 ton/ha, alfalfa con 16.92 ton/ha, lechuga y/o col de bruselas con 25 ton/ha, tomate 67.50 ton/ha, maíz 6.75 ton/ha, maíz para silo 37.50 ton/ha, tomate verde 14.67 ton/ha y vid 7.67 ton/ha.

Finalmente, cabe señalar que la aplicación del SIEVA fue actualizada para incluir la información de los consumos eléctricos e índices obtenidos para los 80 pozos durante la EEP2. Esta actualización permitió estimar la cantidad de volumen extraído durante un año fiscal que excedió al volumen concesionado para cada equipo de bombeo. Como se mencionó, los análisis comparativos solo pudieron ser aplicados al 68% de los equipos de bombeo originalmente contemplados, esto debido a fallas existentes en el diseño, instalación u operación que hicieron cambiar la configuración de los equipos. De éstos, el 24% de las unidades en condiciones de ser comparadas (13/54) presentaron sobre-explotación por 1.259 millones de metros cúbicos.

La aplicación SIEVA actualizada puede ser consultada en el portal institucional [sieva.imta.mx](http://sieva.imta.mx).

## 7. Referencias

Campos, J. C. R. (2002). "Evaluación de Extracciones a Partir del Consumo Energético". III Congreso Ibérico Sobre Gestión y Planeamiento del Agua, Sevilla (España), 13 - 17 Noviembre 2002, pp. 141 - 160.

Comisión Nacional Para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) (2011). SENER. Estudio de Sistemas de Bombeo Agropecuarios en México. México, D.F. 2011.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2014). *Estadísticas Agrícolas del Agua Edición 2013*. México, D.F.: SEMARNAT.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2015). *Estadísticas Agrícolas del Agua Edición 2014*. México, D.F.: SEMARNAT.

Conagua.gob.mx (2015a). Registro Público de Derechos de Agua (REPGA). Recuperado el 10 de noviembre de 2015 de <http://www.conagua.gob.mx/Repda.aspx>

Conagua.gob.mx (2015b). Sistema de Información de Acuíferos y Cuencas (SIGACUA). Recuperado el 13 de noviembre de 2015 de <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=5&n2=84&n3=391&n4=391>

Conagua.gob.mx (2015c). Sistema de Localización Geográfica (SILOG). Recuperado el 13 de noviembre de 2015, de <http://www.conagua.gob.mx/gasveda.aspx>

Diario Oficial de la Federación de México (DOF) (2015, 20 de abril). ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [en línea]. Disponible en:

[http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/DOF\\_20\\_04\\_2015\\_DAS.pdf](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/DOF_20_04_2015_DAS.pdf).

González C. A., García V. N. H., De León M. B. (2014) Regulated Monitoring Operating System of Groundwater Extra Withdrawals in Mexico. 22nd International Congress on Irrigation and Drainage. 14-20 September 2014, Gwangju Metropolitan City, Republic of Korea.

Guillén G. J. A., González C. A., Barrios D. J. N. (2014) Pruebas de Eficiencia Electromecánica en Equipos de Bombeo en Pozos Agrícolas en el Estado de Zacatecas. Memorias del XXIII Congreso Nacional de Hidráulica. Puerto Vallarta, Jalisco, México. Octubre 2014.

Ley de Aguas Nacionales (LAN). Diario Oficial de la Federación. 4 de abril de 2004. México.

López Geta, J. A.(1998). Guía para la evaluación de extracciones de aguas subterráneas mediante contadores eléctricos: rendimientos y coste del agua. Serie de Guías Operativas, vol. 2. Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE), D.L. 1998. Madrid.

Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000. Conservación del Recurso Agua que Establece las Especificaciones y el Método para Determinar la Disponibilidad Media Anual de las Aguas Nacionales, publicada en el Diario Oficial de La Federación el 17 de Abril de 2002.

Oswald, U. (2011). Retos de la investigación del agua en México. México, CRIM-UNAM, 2011, pp. 77-87.

Pressman, R. S. (2002). Ingeniería del Software. Un Enfoque Práctico. Quinta Edición. México McGraw-Hill, 2002.

Siga.conagua.gob.mx,. (2015). Descarga de archivos KML. Recuperado el 13 de noviembre 2015, de <http://siga.conagua.gob.mx/REPDA/Menu/MenuKMZ.html>

Watergy México, A.C. Representación en México de la “Alliance to Save Energy”. Archivos diversos 2007-2011. <http://www.watergy.org/countries/mexico.php>

## 8. Glosario

**Aforo.** Medición del caudal o gasto.

**Agua potable.** Líquido incoloro, insípido e inodoro que se puede encontrar en estado natural o ser producido a través de un proceso de purificación. Sirve para el consumo humano y animal.

**Bomba.** Máquina hidráulica que convierte la energía mecánica en energía de presión, transferida al agua.

**Cárcamo.** Es la estructura hidráulica complementaria del sistema hidráulico que sirve como almacenamiento provisional para bombear algún líquido de un nivel inferior a uno superior. Se emplea para el agua agrícola, agua potable, agua tratada, drenaje sanitario y drenaje pluvial.

**Carga total de bombeo.** La suma algebraica de la carga de presión en la descarga, más el nivel de succión, más el nivel al centro del manómetro, más las pérdidas de fricción y singulares en la conducción, más la carga de velocidad.

**Carga de velocidad.** Es la energía cinética por unidad de peso del líquido en movimiento.

**Coefficiente de cortante.** Es el coeficiente de rozamiento del agua con las paredes de una tubería; depende del material con que la tubería esté construida o recubierta, del diámetro de la tubería y de la velocidad del agua; con este parámetro se calculan las pérdidas de energía en una conducción de agua.

**Corriente eléctrica.** Es la intensidad de corriente que pasa a través de un conductor con resistencia  $R$  y cuya tensión eléctrica es  $V$ .

**Factor de potencia.** Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente, y describe la relación entre la potencia convertida en trabajo útil y real y la potencia total consumida.

**Fuente de abastecimiento.** Sitio del cual se toma el agua para suministro en el sistema de distribución.

**Fuga.** Escape físico de agua en una red de tuberías de agua.

**Gasto.** Volumen de agua que pasa por una sección de un conducto, medido en una unidad de tiempo; se expresa generalmente en litros por segundo.

**Nivel a centros de manómetro.** Es la distancia vertical entre el nivel de referencia y la posición del manómetro usado para medir las cargas de presión tanto en la succión como en la descarga.

**Nivel de referencia.** Es el nivel seleccionado como referencia para todas las mediciones hidráulicas, normalmente el plano inferior de la placa base de montaje del equipo de bombeo.

**Nivel de succión.** Es la distancia vertical desde el nivel de referencia hasta la superficie del agua cuando se encuentra en operación el equipo de bombeo.

**Potencia activa.** Es la potencia consumida por un motor eléctrico que se convierte en trabajo útil.

**Potencia eléctrica.** Es la potencia de entrada en watts (o vatios) que requiere el motor eléctrico acoplado a la bomba y en operación normal.

**Potencia aparente y reactiva.** En un triángulo rectángulo se asocia la potencia aparente a la hipotenusa, a un cateto se le asocia la potencia activa, y al otro se le asocia la potencia reactiva. Al coseno del ángulo existente entre la hipotenusa y el cateto adyacente, asociado a la potencia aparente y potencia activa, respectivamente, se le denomina Coseno  $\Phi$  ( $\text{Cos } \theta$ ).

**Tensión eléctrica.** Trabajo eléctrico medido entre dos puntos de un circuito eléctrico.

## ANEXOS

### Anexo 1. Pozos seleccionados para las pruebas de eficiencia electromecánica

Tabla A1.1. Listado de las 80 unidades de riego evaluadas en el estado de Zacatecas.

Núm.	Folio	Acuífero	Año de modernización	Profundidad	Diámetro tubería de succión	Nombre U.R.	Título de concesión
1	2014-598	Calera	2014	180	4	U.R. La Pimienta No. 2	07ZAC102650/3 7AMDLO8
2	2014-581	Chupaderos	2014	350	6	PREDIO EL PARAISO	07ZAC103425/3 7AMDLO3
3	2014-580	Calera	2014	130	4	PREDIO EL MILAGRO	07ZAC102363/3 7AMGE06
4	2014-553	Chupaderos	2014	200	4	PREDIO POZO N°5 LAS BOMBILLAS	07ZAC113316/3 7AMDLO1
5	2014-496	Calera	2014	80	4	PREDIO CASA BLANCA	03ZAC102232/3 7AMGE98
6	2014-485	Calera	2014	100	4	Predio Rancho Angelica	07ZAC103669/2 7AMGE06
7	2014-477	Calera	2014	100	4	PREDIO LAS GEMELAS	07ZAC119382/3 7AMGE06
8	2014-471	Calera	2014	200	4	U. de R. San Cristobal Ejido Morelos, Zac, SPR de R.I.	07ZAC117533/3 7AMGE03
9	2014-418	Calera	2014	230	4	Predio El Mirador	07ZAC114671/3 7AMGE99
10	2014-407	Calera	2014	178	4	Predio San Jose	07ZAC114673/3 7AMDLO3
11	2014-405	Calera	2014	200	6	U. de R. Toribio N°.39	07ZAC114143/3 7AMDLO2
12	2014-394	Chupaderos	2014	180	4	Predio San Jeronimo	07ZAC116063/3 7AMGE05
13	2014-388	Chupaderos	2014	200	4	U. DE R. P D. R. LA ERA N°1	3ZAC108549/37 AMGR97
14	2014-361	Chupaderos	2014	150	6	PREDIO EL CARMEN	07ZAC118254/3 7AMDLO8
15	2014-312	Calera	2014	115	6	U. de R. para el D. R. Calera (Auras, Toribio y Coyote)	07ZAC106235/3 7AMDLO7
16	2014-311	Calera	2014	110	4	PREDIO EL CEDRO	07ZAC101855/3 7AMGE06
17	2014-310	Calera	2014	130	6	U. de R. Toribio No.44	07ZAC103738/3 7AMGE06
18	2014-309	Calera	2014	200	6	U. de R. Toribio No. 35	07ZAC101086/2 7AMDLO9
19	2014-308	Calera	2014	140	6	U. de R. Toribio No.38	07ZAC113929/3 7AMGE98
20	2014-278	Calera	2014	140	6	U.R. Toribio No.36	07ZAC100709/3 7AMDLO9
21	2014-252	Chupaderos	2014	75	4	U. de R. para el D.R. El Cuervo No.1 Casa Blanca	07ZAC104241/3 7AMGE06
22	2014-249	Chupaderos	2014	250	4	Predio Parcela No 178 Z1 P1/1	07ZAC152237/3 7AMDLO2
23	2014-222	Calera	2014	150	6	U. de R. Para El D. R. El Vergel (Canario)	07ZAC102016/3 7AMGE06

Núm.	Folio	Acuífero	Año de modernización	Profundidad	Diámetro tubería de succión	Nombre U.R.	Título de concesión
24	2014-121	Calera	2014	200	4	PREDIO LLANO BLANCO N°3	07ZAC111204/3 7AMGE03
25	2014-75	Chupaderos	2014	140	4	El Ruperto	07ZAC102360/3 7AMDL07
26	2014-1	Chupaderos	2014	200	4	U. de R. para el D.R. Casa Blanca No.5 Burras	07ZAC106405/3 7AMDA07
27	2013-559	Loreto	2013	200	4	U. de R. La Alquería	07ZAC118437/1 2AMGE01
28	2013-555	Chupaderos	2013	200	4	U. de R. El Vergel	07ZAC102118/3 7AMGE06
29	2013-519	La Blanca	2013	80	4	U. de R. Quebraplatos No.1	07ZAC102415/3 7AMGE98
30	2013-516	Calera	2013	200	4	U. de R. San Benito Ojuelos	07ZAC101591/3 7AMGE06
31	2013-503	Loreto	2013	250	6	U. de R. para el D.R. S.T. Tierra Blanca No.1	07ZAC112669/3 7AMGE98
32	2013-487	Calera	2013	220	4	Predio El Terron Lotes 34, 60E y 90	07ZAC121563/3 7AMDL12
33	2013-486	Calera	2013	112	6	Predio La Purísima	07ZAC106044/3 7AMDL13
34	2013-479	La Blanca	2013	210	4	U. de R. Rancho Don Rosendo El Saladillo General Panfilo Natera, Zac. A.C.	07ZAC118858/3 7AMGE02
35	2013-421	Calera	2013	180	4	U. de R. Dos Hermanos	3ZAC101624/37 AMGE98
36	2013-376	Loreto	2013	150	4	Pozo Predio El Chaparral	07ZAC106116/3 7AMDL07
37	2013-374	Calera	2013	147	4	U. de R. Las Auras No.14	07ZAC105500/3 7AMDA07
38	2013-316	Loreto	2013	146	4	Ejido La Alqueria	2ZAC100735/12 AMGR94
39	2013-297	Loreto	2013	128	4	U. de R. Los Alicante	07ZAC101639/3 7AMDL08
40	2013-270	Chupaderos	2013	178	4	U. de R. Para de D.R. Huizache Negro No. 6	07ZAC104248/3 7AMDL07
41	2013-251	Loreto	2013	180	6	U. de R. San Rafael	07ZAC116134/3 7AMGE99
42	2013-210	La Blanca	2013	250	4	U. de R. Predio San Manuel No.3	07ZAC113796/3 7AMGE00
43	2013-201	Calera	2013	200	6	Pozo Predio El Manantial	07ZAC118599/3 7AMGE06
44	2013-178	Calera	2013	103	4	Predio Rancho Dos Arbolitos	07ZAC100840/3 7AMGE04
45	2013-174	Chupaderos	2013	150	6	U. de R. El Bordo No.14	07ZAC106406/3 7AMDA07
46	2013-165	Calera	2013	220	6	Predio El Palmarillo o Los Mezquites	07ZAC117144/3 7AMDL08
47	2013-142	Loreto	2013	145	6	U. DE R. PASTORIA No.5	08ZAC116441/3 7AMGE99
48	2013-132	Aguaaval	2013	80	4	PREDIO RANCHO SANTA CRUZ	07ZAC104945/3 6AMDL07
49	2013-84	Calera	2013	150	4	U. de R. para D.R. Palmira No.9 Ejido Col. Hidalgo	07ZAC104133/3 7AMDL12
50	2013-75	Loreto	2013	130	6	U. de R. El Porvenir Pozo No.1 BIS	07ZAC115388/3 7AMGE99



Núm.	Folio	Acuífero	Año de modernización	Profundidad	Diámetro tubería de succión	Nombre U.R.	Título de concesión
51	2013-52	Loreto	2013	230	4	U. de R. La Majada del Gallo	07ZAC112805/3 7AMDL12
52	2013-44	Loreto	2013	252	6	Predio La Antartida Chilena	07ZAC101158/3 7AMGE05
53	2014-603	Chupaderos	2014	200	4	U.R. SAN ANTONIO DEL CIPRES No. 8	07ZAC115775/3 7AMGE99
54	2014-605	Calera	2014	160	6	UR PREDIO LOTE 46	07ZAC116848/3 7AMGE99
55	2015-2	Loreto	2015	230	6	Predio El Llano	07ZAC119668/3 7AMGE05
56	2015-6	Calera	2015	200	6	Zona De Fraccionamientos De Fresnillo(Pivote De Nuevo Dia Col.Hidalgo)	07ZAC118197/3 7AMGE01
57	2015-7	Calera	2015	200	4	Jarillas No. 2	07ZAC106319/3 7AMDA07
58	2015-15	Calera	2015	100	4	RANCHO SAN JUAN PARDILLO II	07ZAC112320/3 7AMDL08
59	2015-17	Ojocaliente	2015	145	4	Predio El Vergel	08ZAC104903/1 2AMGE06
60	2015-20	La Blanca	2015	125	4	Predio Los Fresnos	07ZAC103799/3 7AMGL11
61	2015-38	Calera	2015	200	4	Predio Pozo 4 Francisco I Madero	07ZAC106404/3 7AMDA07
62	2015-47	Calera	2015	80	4	Predio La Mezquitera	07ZAC102625/3 7AMGE06
63	2015-50	Chupaderos	2015	150	6	PREDIO POZO 4	07ZAC119222/3 7AMGE03
64	2015-57	Calera	2015	120	4	PREDIO RANCHO SANTA CRUZ	07ZAC103273/3 7AMGE05
65	2015-58	Loreto	2015	200	6	Predio El Durazno	07ZAC113082/3 7AMGE98
66	2015-66	Loreto	2015	135	6	Predio Las Palmitas De Arriba	07ZAC103916/3 7AMGE06
67	2015-68	Chupaderos	2015	200	4	PREDIO SIN NOMBRE ( SAN JOSÉ)	07ZAC104408/3 7AMGE06
68	2015-70	Chupaderos	2015	180	6	PREDIO POZO No 14	07ZAC104173/3 7AMDL07
69	2015-71	Calera	2015	200	4	Predio Los Martinez	07ZAC111186/3 7AMDL12
70	2015-75	Loreto	2015	113	4	Predio El Potrero Pozo No 27	07ZAC113036/3 7AMDL13
71	2015-85	La Blanca	2015	200	4	PREDIO LOS TRES POTRILLOS	3ZAC102123/37 AMGE98
72	2015-87	Loreto	2015	150	4	Predio El Chepinque No 1	07ZAC104222/3 7AMGE06
73	2015-88	Loreto	2015	250	4	Predio Los Desmontes	08ZAC117434/3 7AMDL11
74	2015-94	Chupaderos	2015	200	6	PREDIO POZO No 9	07ZAC108551/3 7AMDL07
75	2015-97	Ojocaliente	2015	146	6	Predio Rancho Dolores No 2	08ZAC117486/1 2AMGE05
76	2015-103	Chupaderos	2015	80	4	PREDIO LA PALMA CHATA	07ZAC101497/3 7AMDL08
77	2015-108	Calera	2015	200	4	PREDIO EL MIRADOR	07ZAC116057/3 7AMGE03

Núm.	Folio	Acuífero	Año de modernización	Profundidad	Diámetro tubería de succión	Nombre U.R.	Título de concesión
78	2015-109	Calera	2015	200	4	PEREDIO EL NORTEÑO No. 2	07ZAC101849/3 7AMD13
79	2015-110	Calera	2015	110	4	PREDIO HARAS ADRIANA SMITH	07ZAC117903/3 7AMD13
80	2015-111	Chupaderos	2015	200	4	Predio: No. 1 SARH la palma	07ZAC114372/3 7AMD13

## **Anexo 2. Análisis individual de eficiencia electromecánica en las unidades de riego evaluadas**

### **1. Unidad de riego Ejido La Alquería**

La eficiencia obtenida en la prueba 2 fue 47.25% lo que nos indica que se incrementó 7.73% con respecto a la eficiencia de la prueba 1 (39.52%), esto debido a que se hizo una reposición del pozo. Aun cuando el gasto es menor con un 43.32% se detectaron variaciones significativas en la corriente por fase, factor de potencia y potencia real (40.13% menor) que las obtenidas en la prueba 1. Teniendo una disminución en la potencia de salida, siendo entonces que en la prueba dos la potencia reactiva es menor que en la uno llevando a una reducción de pérdidas de energía útil en equipo, por lo tanto la eficiencia electromecánica aumentó.

### **2. Unidad de riego el Chaparral**

En la prueba 2 se tiene una eficiencia de 47.25% mientras que en la prueba 1 fue de 46.95%, hubo un incremento de 0.64%; esto debido a un aumento de gasto de 7.96 a 10.02 lps y del nivel dinámico. Derivado de lo anterior el índice energético disminuye de 0.72 a 0.66 kWh/m<sup>3</sup>; consecuentemente se tiene un ahorro de 10,886.4 kWh/año, esto significa que el usuario economiza 6,292.33 \$/año.

### **3. Unidad de riego El Chepinque No. 1**

El gasto de extracción disminuyó un 5.97% afectando el valor de la eficiencia en la prueba 2, variando la eficiencia de 46.79 a 43.59% y el índice energético de 0.68 a 0.73 kWh/m<sup>3</sup> que representa un incremento anual en el gasto de energía eléctrica de \$ 5,755. Las demás variables se observan muy similares.

### **4. Unidad de Riego El Durazno**

En este equipo electromecánico la eficiencia en la prueba 2 fue 42.46% que comparada con la prueba 1 (49.25 %) se tiene una diferencia de 6.79%, como consecuencia de una disminución del gasto en la fuente de abastecimiento (de 21.66 a 17.34); sin embargo, el usuario comenta que después de días el gasto sigue disminuyendo hasta permanecer constante, también se está pensando en una reposición ya que extrae arena afectando el desgaste de los tazones.

### **5. Unidad de riego Predio El Llano**

La eficiencia electromecánica se redujo de 47.34% a 40.79% resultado de una disminución del gasto de 2.21 lps ya que se cambió la capacidad de la bomba de 150 a 100 hp, debido a que el nivel

dinámico alcanzó valores superiores al de la bomba. El índice energético reporta un incremento de 0.18 con respecto a EEP1.

#### **6. Unidad de riego El Potrero No. 27**

Esta unidad de riego presenta una disminución considerable en el gasto extraído (6.85 a 3.5 lps) debido probablemente a las condiciones hidráulicas del pozo, ya que al momento de realizar la prueba de eficiencia electromecánica tenía días trabajando por lo que tuvo el tiempo suficiente para estabilizar el gasto. Contando con una eficiencia de 21.74 a 10.4 %. Este equipo de bombeo presenta el incremento mayor de índice energético respecto a los demás equipos estudiados pasando de 0.55 a 2.70 kWh/m<sup>3</sup>. Por comentario del usuario se conserva el mismo equipo de bombeo.

#### **7. Unidad de riego La Antártida Chilena**

El pozo tiene problemas serios de extracción de arena ya que durante la realización de la prueba de eficiencia el operador del pozo tuvo que apagarlo y prenderlo en 5 ocasiones para limpiar los filtros (Figura 8). Comenta que cuando tiene días sin funcionar este fenómeno se hace recurrente. La eficiencia en este predio disminuyó de 50.16 a 47.71 debido a una disminución del gasto extraído de 23.43 a 21.95 lps.

#### **8. Unidad de riego Las Palmitas de arriba**

La eficiencia en este predio tuvo un aumento de 16.5% ya que en la primera prueba se obtuvo 52.25% y en la segunda 66.14%, en cuanto al gasto se registró un aumento de 0.04% de (16.02 a 16.63 lps). Se detectaron variaciones significativas en la corriente por fase, factor de potencia y potencia real al comparar los valores de la prueba uno y la prueba dos; la disminución en la corriente de la prueba dos significa menor calentamiento en la bomba y por ende el equipo funciona más eficientemente. Comenta el usuario que después de 4 horas de encendido el nivel dinámico alcanza valores mayores a la bomba, teniendo problemas de boqueo.

#### **9. Unidad de riego Predio los Desmontes**

El gasto de extracción disminuyó de 16.29 a 11.2 lps, lo que propició un decremento de la eficiencia electromecánica de 45.38 % a 42.79%. Se realizó un aumento de columna de extracción colocándose 6.6 tubos de 6 metros cada uno. El índice energético aumento de 0.81 a 1.07 kWh/m<sup>3</sup> que representa un incremento de 13 centavos por metro cúbico.

#### **10. Unidad de riego El Porvenir Pozo No. 1 bis**

La eficiencia electromecánica realizada en la primera prueba fue de 41.24% mientras que en la prueba dos disminuyó a 38.74%, se observa un decremento en el gasto de 20 a 19.33 lps y una variación de los niveles dinámicos de 78.27 y 80.41 de la primera y segunda prueba respectivamente. Se percató de humedad y suciedad en el arrancador lo que puede acarrear problemas de pérdidas de energía. Con respecto al índice energético no se tienen diferencias significativas ya que pasó de 0.55 a 0.57 kWh/m<sup>3</sup>.

#### **11. Unidad de riego U. de R. La Alquería**

La bomba del equipo de esta unidad de riego fue reparada en marzo del presente año y se le colocó un tramo de 6 metros de tubería, se cuenta con una eficiencia de 43.08 % y un gasto de 5.62 lps en la prueba 2 y 42.79%, 10.23 lps para la prueba 1, y una variación de 45, 10.36 y 14.28 por ciento en la corriente por fases, tensión entre fases y factor de potencia respectivamente. La potencia real disminuyó de 31.76Kw a 18.24Kw por lo tanto el equipo se encuentra trabajando de una manera más eficiente; sin embargo, en la prueba dos se observa voltajes demasiados bajos (385 volts) que causaran problemas de deterioro al equipo en un futuro ya que están diseñados para trabajar a 440 volts más/menos un 5%.

#### **12. Unidad de riego La Majada del Gallo**

La eficiencia electromecánica varió de 66.65% y 64.5% contrastando esto también con una disminución del gasto de 20.51 a 19.63 lps, además de que se le realizó un aumento de columna de 140 metros a 180 metros debido a que según el usuario el nivel dinámico alcanzó valores superiores a la bomba.

#### **13. Unidad de riego Los Alicante**

En esta unidad el gasto disminuyó un 20 por ciento mientras que la eficiencia pasó de 66.65 a 64.51 % notándose una reducción de solo el 3.21 en lo que a la eficiencia se refiere, y un aumento de 24% en el índice energético, que representa un incremento mensual en los costos de energía de \$1900.00.

#### **14. Unidad de riego D.R. S.T. Tierra Blanca No.1**

La eficiencia aumentó de 48.92 a 51.25%, debido a que la presión y el nivel dinámico se incrementaron. El gasto bajo en un 15.69%. El índice energético presentó un incremento de 0.80 a 0.84 KWh/m<sup>3</sup>; es decir que el usuario pagará 0.02 pesos más por cada metro cúbico extraído.

### **15. Unidad de riego Pastoría No. 5**

En esta unidad de riego la eficiencia electromecánica no varió significativamente (0.65%) lo anterior puede atribuirse a que la bomba estaba recién reparada (15 días de haberse reparado). El nivel dinámico, factor de potencia e índice energético no presentan variaciones significativas.

### **16. Unidad de Riego San Rafael**

El gasto tuvo un decremento de 1.15 lps teniendo con ello una disminución en la eficiencia del 7.56%. Los demás parámetros como nivel dinámico, corriente, voltaje y potencia real son similares.

### **17. Unidad de riego El Vergel**

El gasto tuvo un decremento de 2.52 lps teniendo con ello una disminución en la eficiencia del 8.23%. Los demás parámetros como nivel dinámico, corriente, voltaje y potencia real son similares. La bomba se reparó 18 días antes de realizar la prueba de eficiencia electromecánica.

### **18. Unidad de riego Rancho Dolores No.2**

Según el usuario el equipo electromecánico no ha sufrido cambios ni averías desde que se equipó; sin embargo, la eficiencia disminuyó en un 18.80% debido a un decremento de 18 % en el gasto que puede atribuirse al desgaste de tazones o a una baja eficiencia hidráulica en el pozo. Sin embargo el factor de potencia se mantiene en el límite permisible por la CFE no teniendo con ello cargos económicos por este concepto. El índice energético presenta un incremento de 0.13 kWh/m<sup>3</sup>.

### **19. Unidad de riego Los Fresnos**

Por comentarios del representante legal desde que se instaló el equipo no ha existido cambio alguno. Los resultados obtenidos indican que el gasto disminuyó de 13.63 a 10.68 lps probablemente a desgaste en el equipo de bombeo, ocasionando que la eficiencia electromecánica descendiera de 59.15 a 47.25%.

### **20. Unidad de riego Los Tres Potrillos**

El gasto tuvo un decremento de 2.99 lps ocasionando una disminución en la eficiencia del 12.34%. Los demás parámetros como nivel dinámico, corriente, voltaje, potencia real e índice energético son similares .

### **21. Unidad de riego Predio San Manuel No. 3**

Se observó un aumento de 3.21 % en la eficiencia, además de un incremento en el gasto extraído de 14.51 a 15.17 lps. Los demás parámetros como nivel dinámico, corriente, voltaje y potencia real son similares.

### **22. Unidad de riego el Quebraplatos No. 1**

La eficiencia aminoró de 38.60 a 34.57%, existiendo también una reducción en el gasto de extracción del 13.6%. La corriente por fase y potencia real se observan muy semejantes, en cuanto al factor de potencia se tiene un aumento de 0.81 a 0.88 al igual que el índice energético de 0.74 a 0.77.

### **23. Unidad de Riego Rancho Don Rosendo El Saladillo**

El gasto extraído por el equipo de bombeo bajó de 10.12 a 8.1 lps por lo que se registró un decremento en la eficiencia electromecánica de 10.47%. El usuario comenta que anteriormente el nivel freático comenzó a abatirse, así que le colocaron más tramos de columna de succión y en mayo de 2016 el nivel dinámico alcanzó valores superiores a la bomba.

### **24. Unidad de riego El Ruperto**

El gasto tuvo decremento de 1.55 lps teniendo con ello una disminución en la eficiencia del 10.83%. Los demás parámetros como nivel dinámico, corriente, voltaje y potencia real son similares.

### **25. Unidad de riego Predio el Carmen**

La bomba fue reparada hace algunos meses por lo que se observó un incremento en el gasto de 27.65 a 31.1. En éste predio se cambió de sistema de riego ya que en la prueba 1 utilizaban multicompuerta y ahora cuentan con cintilla, el agua se tiene que conducir aproximadamente 13 km a través de una tubería de 8" de diámetro por lo que la eficiencia electromecánica del equipo registró una disminución de 2.40%. Al momento de la prueba la descarga se encontró a 3.4 km. Los valores de corriente, voltaje y potencia real son similares.

### **26. Unidad de riego El Paraíso**

El gasto extraído por el equipo de bombeo bajó de 22.06 a 21.55 lps por lo que se presentó un decremento en la eficiencia electromecánica de 14.70%. El nivel dinámico disminuyó pero la

corriente por fases, voltaje y potencia real son poco distintas respecto a la prueba uno y dos, al igual que el factor de potencia e índice energético.

#### **27. Unidad de riego La Palma Chata**

En la primera visita se contaba con cintilla como sistema de riego; sin embargo, se tiene ahora trabajando con gravedad. La eficiencia electromecánica tuvo un aumento de 10.40 %, hubo un decremento en el gasto extraído de 1.46 lps.

#### **28. Unidad de riego Predio No. 1 SARH la Palma**

Se observó un aumento de 14.27 % en la eficiencia, además de un incremento en el gasto extraído de 1.52 lps. Los demás parámetros como nivel dinámico, corriente, voltaje y potencia real son similares.

#### **29. Unidad de riego Predio Pozo No. 4**

Existe un aumento de la eficiencia electromecánica de 2.93 por ciento. Cuando se realizó la primera prueba el pozo descargaba libre (sin presión) a un tanque cerca del pozo; sin embargo en la realización de la prueba 2 se tuvo la descarga en el sistema de riego (cintilla) teniendo una presión de 11psi lo cual contribuye al aumento en la eficiencia aun cuando el gasto disminuyó en 0.8 litros.

#### **30. Unidad de riego Predio Pozo No. 9**

Se determinó una disminución del gasto extraído de 6.76 lps ya que el usuario comenta que el pozo extrae bastante arena provocando desgaste de los tazones derivando en una eficiencia menor de 48.49 a 38.79%.

#### **31. Unidad de riego Predio Pozo No. 14**

Se observó un aumento de 5.82% en la eficiencia, además de un incremento en el gasto extraído de 0.83 lps. Los demás parámetros como nivel dinámico, corriente, voltaje y potencia real son similares.

#### **32. Unidad de riego Predio San Jerónimo**

Hubo una reducción del gasto extraído de 3.53 litros, lo que derivó en una disminución de la eficiencia electromecánica de 29.14%. El factor de potencia permanece constante en ambas pruebas (0.89). Con respecto al índice energético tuvo un incremento de 0.41 kWh/m<sup>3</sup>, lo anterior



ocasiona que usuario de la unidad de riego este pagando 0.20 pesos más por cada metro cúbico extraído.

### **33. Unidad de riego Predio sin Nombre ( San José)**

En este predio la bomba fue reemplazada de 60 a 50 hp y en junio de este año la columna de succión fue reducida en 18 metros, y como el gasto disminuyó 2.03 litros el usuario está pensando en realizar un relocalización del predio. La eficiencia bajó de 39.49 a 38.35%.

### **34. Unidad de riego el Bordo No.14**

Se observó un aumento de 6.5 % en la eficiencia, además de un incremento en el gasto extraído de 2.23 lps, esto debido a que en marzo de 2016 se instalaron nuevos impulsores y se redujeron 6 metros de columna de succión. Los demás parámetros como corriente, voltaje y potencia real son similares.

### **35. Unidad de riego para el D.R. EL Cuervo No.1 Casa Blanca**

Se obtuvo una disminución de la eficiencia electromecánica de 0.4%, debido a un decremento en el gasto extraído de un 4.36%. El nivel dinámico no tuvo variación significativa.

### **36. Unidad de riego PD. R. La Era No.1**

Actualmente este pozo tiene problemas de abatimiento ya que según el usuario frecuentemente el nivel dinámico rebaza el nivel de la bomba. Teniendo con ello una reducción y variación del gasto de 8.09 a 7.43 lps y una disminución en la eficiencia del equipo de 47.9 a 47.32%.

### **37. Unidad de Riego El Vergel**

El incremento de gasto (1.51 lps) y la eficiencia (8.67 %) se debe posiblemente a que la bomba se reparó recientemente. El índice energético presento un leve descenso de 1.09 a 0.95 kWh/m<sup>3</sup> derivando en un ahorro en los gastos de energía eléctrica con respecto a la prueba anterior.

### **38. Unidad de riego San Antonio del Ciprés No. 8**

La eficiencia electromecánica y gasto disminuyeron ya que según el usuario la bomba se dañó en junio y julio del presente año. En 2015 en los meses de mayor actividad en el bombeo (abril a

julio) se dañó en dos ocasiones. El índice energético no vario significativamente de una prueba a otra.

#### **39. Unidad de riego Predio Haras Adriana Smith**

El gasto aumentó de 17.41 a 18.44 lps derivando en un incrementó de la eficiencia electromecánica de 48.69 a 52.9%. El índice energético permanece constante (0.5) por lo que el consumo de energía por metro cúbico es el mismo, corroborando los comentarios realizados por el usuario respecto a que el costo de energía se mantiene. El factor de potencia vario de 0.84 a 0.82.

#### **40. Unidad de riego Predio Rancho los dos Arbolitos**

Se observó una disminución en el gasto de 6.54% lps y la eficiencia bajó de 63.13 a 56.1 %. No se encuentra variación significativa en cuanto a los parámetros de nivel dinámico y parámetros eléctricos. El índice energético sufrió un pequeño incremento de 0.38 a 0.44, aun así sigue siendo bajo.

#### **41. Jarillas No.2**

Se registró un aumento de gasto pasando de 12.28 a 12.53 lps, debido al tiempo que permaneció sin trabajar lo que incrementa la potencia de salida, disminuyó la potencia de entrada de la bomba de 50.79 Kw a 48.91 Kw producto de un decremento en los voltajes de operación del equipo 439 V a 429 V, con ello el aumento de eficiencia de 36.66 a 38.95%.

#### **42. Predio Casa Blanca**

Debido a que solamente se arrancó el equipo para el estudio y ya contaba con 22 días apagado, se presentó una disminución del nivel dinámico al momento de la prueba de 57.45 m a 43.55 m, al igual un decremento en el gasto de 17.82 lps a 16.53 lps con ellos la disminución en la potencia de salida del equipo, al igual que la eficiencia electromecánica de 46.58 a 35.74%.

#### **43. Predio el Cedro**

La disminución en la potencia de entrada de 24.28Kw a 23.60Kw originado por una mejora en los voltajes de operación del motor de 424V a 430V produjo una mejor eficiencia en el quipo ya que su voltaje nominal es de 440V, elevando la eficiencia electromecánica de 52.67 a 52.73%.

#### **44. Predio el Norteño No. 2**

Debido a que en la visita anterior la unidad de riego contaba con un mayor tiempo trabajando se mostró un decremento del nivel dinámico respecto al año pasado de 147.97 m a 92.50 m, una

reducción en la presión  $8.83 \text{ kg/cm}^2$  a  $3.09 \text{ kg/cm}^2$ , con lo cual la carga total y la potencia de salida se reducen considerablemente y con ellos la eficiencia electromecánica 61.89 a 58.00 por ciento. Según el usuario el gasto disminuye a la mitad después de estar funcionando aproximadamente 8 días, cuando se llevó a cabo la prueba de eficiencia electromecánica el aprovechamiento contaba con cinco días sin trabajar.

#### **45. Predio el Palmarito o los Mezquites**

El nivel dinámico aumentó de 100.46m a 108.2m respecto al año pasado con lo cual aumenta la carga total y con ello la potencia de salida. La mejora en la calidad de los voltajes suministrados redujo la potencia de entrada del equipo de 87.42Kw a 85.22Kw con lo cual la eficiencia electromecánica aumentó 53.54 a 56.46%.

#### **46. Predio la Mezquitera**

Se registró un aumento en el nivel dinámico actual pasando de 75.58 m a 77.93 m, incrementándose la carga total y la potencia de salida, existe un incremento del gasto 15.08 lps a 15.76 lps elevando así la eficiencia electromecánica 60.29 a 62.58%.

#### **47. Predio La Purísima**

Se registró un aumento en el gasto de 7%, elevando la eficiencia electromecánica de la unidad de riego 54.26 a 56.65%, los parámetros eléctricos son similares. El incremento del caudal se debe probablemente a que el equipo de bombeo tenía dos días trabajando y no dio tiempo suficiente a que se estabilizara el gasto de extracción.

#### **48. Predio Las Gemelas.**

Se presentó un aumento en el nivel dinámico pasando de 81.12 m a 84.12 m. Existe un incremento de 2.75 lps del gasto extraído debido a una reparación realizada a la bomba en el mes de enero del año en curso, incrementando la potencia de salida y con ellos la eficiencia electromecánica de la unidad de riego 42.28 a 58.21%.

#### **49. Predio Llano Blanco No. 3**

Se registró un aumento en el gasto de 5.28 lps con respecto a la prueba anterior debido a que el pozo permaneció sin operar aproximadamente dos meses y fue arrancado 2 horas antes de nuestra llegada produciendo un incremento en la carga total y potencia de salida lo que eleva la

eficiencia electromecánica 41.52 a 61.83 %. Este pozo se encuentra interconectado con el pozo el "Mirador".

#### **50. Predio Los Martínez**

El equipo cuenta con una mejora en sus parámetros eléctricos, la potencia reactiva disminuyó de 26.20Kvar a 18.59Kvar; con lo cual es menor la cantidad energía desperdiciada y mayor la cantidad de energía aprovechada, la corriente disminuyó de 40.43 a 33.50 Amp reduciendo con ello problemas existentes por calentamiento en la bomba; también se mejoró el factor de potencia de 0.63 a 0.73, para finalmente reducir la potencia de entrada de 20.58 a 19.55Kw y con ello aumentar la eficiencia electromecánica 46.32 a 48.83%.

#### **51. Predio Rancho Angélica.**

Existe una disminución en cuanto al gasto extraído de 5.13 % con respecto a la EEP1, lo cual disminuye la potencia de salida y con ello un decremento en la eficiencia electromecánica 53.29 a 51.08 %. Respecto al factor de potencia en el periodo de prueba no presento variación alguna conservándose en 0.83, así mismo el índice energético pasó de 0.32 a 0.34 kWh/m<sup>3</sup>.

#### **52. Predio Rancho Santa Cruz**

Para realizar el estudio el equipo de bobeo se encontró apagado y con un aproximado de 8 días sin actividad, debido a ello presenta un aumento en el gasto extraído pasando de 11.95 lps a 12.54 lps, con lo cual aumenta la potencia de salida; existe también una mejora en el suministro de los voltajes (446.3V a 443.0 V), se reduce la potencia de entrada elevando la eficiencia electromecánica de 53.46 a 57.45%.

#### **53. Predio San Juan Pardillo II**

Se observa un incremento en el gasto extraído de 1.2 lps respecto a la EEP1, esto debido a que el equipo de bombeo se encontró apagado y con varios días sin actividad a consecuencia del período de lluvias; por lo que aumenta la potencia de salida del equipo, mejora la potencia de entrada de 14.18 Kw a 13.13Kw producido por una menor corriente (calentamiento) existente en el motor; por lo anterior se presenta un ascenso de 35.33 a 42.72% en la eficiencia electromecánica.

#### **54. U. de R. Dos Hermanos.**

Existe una disminución en el gasto extraído de 17.26 lps a 15.51lps debido al desgaste que presenta la bomba; con lo cual se reduce la carga total y la potencia de salida. Existe un mayor calentamiento en los conductores, el voltaje sobrepasa 440 que es el ideal para el motor, ocasionando una menor eficiencia electromecánica (58.61 a 48.67%).

#### **55. U. de R. para D.R. Palmira No. 9 ejido Col. Hidalgo**

En la visita actual a la unidad de riego se registró un descenso del gasto extraído de 33.16 % producido por el desgaste de la bomba, reduciendo la potencia de salida. También existe una mayor cantidad de pérdidas de energía observadas en la potencia reactiva, la cual aumentó de 15.85 a 25.62 Kvar por estos motivos se presenta un decremento en la eficiencia electromecánica 56.85 a 41.09%.

#### **56. U. de R. para el D.R. El Vergel (Canario)**

Actualmente en la unidad de riego se registra un aumento de gasto pasando de 17.90 lps a 29.72 lps, originado por una reparación efectuada a la bomba en septiembre del 2015 mejorando el desempeño del equipo, aumentando la potencia de salida y la eficiencia electromecánica (32.8 a 59.76%).

#### **57. U. de R. San Benito Ojuelos**

El aprovechamiento registra una disminución del gasto en un 11.8% y en la carga total, producido por un descenso en el nivel dinámico de 127.15 m a 122.46 m con lo cual se reduce la potencia de salida y la eficiencia electromecánica 53.21 a 45.36%.

#### **58. U. de R. Las Auras No.14**

Se presenta un aumento en el gasto extraído de 7.12 lps producto de una reparación efectuada a la bomba el día 2 de septiembre del 2016, instalándole las chumaceras nuevas diseñadas para pozos que extraen arena (carburo de silicio), registrando un aumento en la carga dinámica producto de un descenso en el nivel dinámico, aumentando la potencia de salida de la bomba y con ello la eficiencia electromecánica 10.39 a 47.28%.

#### **59. U.R. para el D.R. Calera (Auras, Toribio y Coyote)**

La disminución en la corriente consumida por el equipo de 63.43 a 58.11Amp producto de una mejora en los voltajes suministrados, significa un menor calentamiento existente en los devanados del motor reduciendo la potencia de entrada de la bomba y aumentando la eficiencia electromecánica de 46.95 a 48.67%.

#### **60. U. de R. Toribio No. 35**

Este aprovechamiento presenta una disminución en el gasto extraído de 4.86 lps por lo que la potencia de salida disminuye y con ello también la eficiencia electromecánica 62.82 a 48.72%. El

índice energético aumentó 0.08 kWh/m<sup>3</sup>, ocasionando un gasto económico superior a la prueba EEP1 de 0.04 \$/m<sup>3</sup>.

#### **61. U.R. Toribio No.36**

Existe una disminución en la corriente del motor de 79.57 a 64.96 Amp, ocasionando que la potencia de entrada del equipo disminuyera y aumentará la eficiencia electromecánica 49.95 a 52.47 por ciento. Después de la primera visita se reemplazó la bomba por una anti-arena.

#### **62. U. de R. Toribio No.38**

En este aprovechamiento se presentó una disminución en el gasto extraído 1.56 lps derivando que la eficiencia electromecánica sufriera un descenso de 57.76 a 53.05%. El índice energético permanece no vario (0.51).

#### **63. U. de R. Toribio No. 39**

La unidad de riego presenta una mejora en la calidad de los voltajes suministrados pasando de 425.67 a 435.0 V con lo cual se redujo la corriente de 89.00 a 78.95 Amp y con ello los problemas de calentamiento en el motor; también se redujo la potencia reactiva de 33.30 a 31.3Kvar y las pérdidas de energía existentes en el motor elevando la eficiencia electromecánica 50.06 a 53.26%.

#### **64. U. de R. Toribio No.44**

Debido a que el pozo tenía trabajando dos horas solamente cuando se realizó el estudio y anterior a ello cerca de 35 días apagado por motivo de precipitaciones, el gasto presenta un aumento de 23.4 lps a 26.37 lps con lo cual se eleva la potencia de salida de la bomba. La corriente mostró un decremento respecto a la visita anterior 74.16 a 67.64 Amp que significa un menor calentamiento en el equipo y una disminución en la potencia de entrada, con el aumento de la potencia de salida y la reducción en la potencia de entrada incrementa la eficiencia electromecánica 47.9 a 63.68%.

#### **65. Zona De Fraccionamientos De Fresnillo (Pivote De Nuevo Día Col. Hidalgo)**

Actualmente el equipo presenta una mejora en sus parámetros eléctricos como lo son la potencia reactiva que se redujo de 33.26 a 31.9 Kvar y con ello las pérdidas de energía existentes, a consecuencia de esto también disminuyó la corriente y el calentamiento que existen en los devanados del motor; por lo anterior un decremento en la potencia de entrada y una mayor eficiencia electromecánica 50.0 a 52.18%.

## **66. Predio Lote 46**

La potencia reactiva aumentó de 30.56 a 41.9 Kvar significando pérdidas de energía, existiendo un aumento en la corriente de 76.23 a 102.27 Amp derivando en un calentamiento en el devanado del motor. El factor de potencia disminuyó de 0.87 a 0.73 por lo tanto la potencia de entrada aumenta y la eficiencia decrece de 44.86 a 37.99%.

## **67. El Milagro**

La eficiencia electromecánica no varía significativamente ya que pasó de 51.05 a 51.04 %, aun cuando el gasto disminuyó en un 15.95 %. El nivel dinámico en la EEP2 aumentó de 89.62 m a 92.78m obteniendo así mayor carga total y compensando la reducción de gasto junto con las condiciones de la descarga.

## **68. Pozo Predio El Manantial**

En la visita actual se presenta una disminución en el gasto 36.27 a 33.55 lps originado por el desgaste de la bomba, la potencia de salida se reduce y con ellos la eficiencia electromecánica 52.79 a 50.87%.

## **69. Predio el Mirador**

En la visita anterior se contaba con una bomba de menor capacidad (50 Hp) en comparación con la instalada actualmente (100 hp), los usuarios comentan que el motivo principal del cambio fue que no extraía la cantidad de gasto deseado, por lo que no se cubría con la totalidad de la superficie por regar. Debido a estos cambios se muestran diferencias notables en las pruebas anterior y actual que afectan parámetros eléctricos (36.65 a 61.10Kw), gastos (14.96 a 19.89 lps), niveles de bombeo (113.24 a 118.69 m) y finalmente eficiencia electromecánica (52.71 a 44.48%).

## **70. Predio El Terrón Lotes 34, 60E y 90**

El nivel dinámico se incrementó de 134.38 m a 141.25 m, la presión 0.91 a 0.98 kg/cm<sup>2</sup> aumentando la carga total, potencia de salida y elevando la eficiencia electromecánica 42.86 a 48.48 por ciento.

## **71. Predio Pozo 4 Francisco I Madero**

Se presentó un incremento en el nivel dinámico de 113.94 m a 115.32 m, aumentando la carga total y la potencia de salida, elevando la eficiencia electromecánica 50.04 a 52.09 %.

#### **72. U de R. San Cristóbal Ejido Morelos, Zac, SPR de R.I.**

Actualmente en la unidad de riego se registra una mejora en la calidad del suministro de energía eléctrica, reduciéndose los voltejes de 474.67 a 449.0V aproximándose al voltaje de operación nominal del motor (440V), la potencia reactiva disminuye de 26.86 a 22.90 Kvar siendo menores las pérdidas de energía en el motor y reduciendo los calentamientos; a causa de lo anterior la potencia de entrada sufre un decremento y la eficiencia electromecánica se eleva 41.16 a 43.32%.

#### **73. U.R. La Pimienta No. 2.**

El nivel dinámico sufrió un decremento respecto a la visita pasada de 123.97 a 99.5 m, se observa también una disminución en el gasto 9.85 a 8.36 lps, por lo anterior la carga total y la potencia de salida se reducen al igual que la eficiencia electromecánica 45.88 a 43.21%.

#### **74. Predio pozo No.5 las Bombillas.**

El nivel dinámico sufrió un decremento respecto a la visita pasada siendo de 129.6 a 109.07 m por lo que la carga total y la potencia de salida se reducen y la eficiencia electromecánica disminuye 37.21 a 35.64%.el índice energético disminuyó 0.08 kWh/m<sup>3</sup> traduciéndose en un ahorro mensual de \$2078.00.

#### **75. U. de R. Para de D.R. Huizache Negro No. 6.**

La unidad de riego cuenta con un menor gasto extraído respecto a la visita anterior s de 14.63 a 12.34 lps, con lo cual se reduce la carga total, la potencia de salida y la eficiencia electromecánica 56.15 a 51.65%.

#### **76. U. de R. para el D.R. Casa Blanca No.5 Burras**

Actualmente la unidad de riego presenta una reducción en el gasto respecto a la visita anterior de 32.25%, el usuario comenta que hoy en día el caudal extraído normal es de 3.95 lps, se disminuye la carga total, la potencia de salida y finalmente la eficiencia electromecánica 38.41 a 28.22%.

#### **77. Predio Rancho Santa Cruz**

Existe en el equipo una disminución de la potencia reactiva de 14.12 a 12.91 Kvar lo que significa menor cantidad de energía perdida en el motor y una mayor eficiencia electromecánica, pasando de 49.70 a 52.57%.



#### **78. Predio San José**

En la visita actual se registró un decremento en el nivel dinámico respecto de la visita anterior pasando de 171.30 m a 169.33 m, reduciendo la carga total, la potencia de salida y con ellos la eficiencia electromecánica 49.96 a 48.54 por ciento.

#### **79. Predio El Mirador**

Debido a un decremento que existe actualmente en el nivel dinámico respecto de la visita anterior de 178.78 m a 173.09 m, se disminuye la carga total, la potencia de salida y la eficiencia electromecánica 45.55 a 44.07%.

#### **80. Predio Parcela No 178 Z1 P1/1**

El aprovechamiento actualmente cuenta con un menor gasto (14.81 a 13.85 lps), esto implica la reducción en la carga total, potencia de salida y eficiencia electromecánica de 51.73 a 49.61%. El índice energético aumentó de 0.98 a 1.01 kWh/m<sup>3</sup> incrementando los gastos de energía eléctrica.

### Anexo 3. Información de producción agrícola de las unidades de riego evaluadas

Tabla 8.20 Producción agrícola y utilidad de las unidades de riego evaluadas

Nombre de la unidad de riego	Cultivo	Sup. Cosechada (ha)	Rendimiento (ton/ha)	Precio medio rural (\$/ton)	Costo Producción (\$/ha)	Producción (ton)	Valor de la Producción (\$)	Costo total de la producción (\$)	Utilidad total (\$)
Ejido La Alquería	Lechuga	12.00	24.00	3,600.00	40,000.00	288.00	1,036,800.00	480,000.00	556,800.00
El Chaparral	Chile	6.00	1.00	50,000.00	20,000.00	6.00	300,000.00	120,000.00	180,000.00
El Chepinque No 1	Vid	16.00	6.75	9,000.00	50,000.00	108.00	972,000.00	800,000.00	172,000.00
El Durazno	Maíz	30.00	5.50	2,000.00	10,000.00	165.00	330,000.00	300,000.00	30,000.00
Predio El Llano	Alfalfa	20.00	13.61	1,800.00	15,000.00	272.20	489,960.00	300,000.00	189,960.00
El Potrero Pozo No 27	Lechuga	9.00	23.00	1,800.00	40,000.00	207.00	372,600.00	360,000.00	12,600.00
Predio La Antártida Chilena	Alfalfa	20.00	25.39	1,732.50	18,000.00	507.80	879,763.50	360,000.00	519,763.50
Las Palmitas De Arriba	Vid	25.00	8.00	9,500.00	60,000.00	200.00	1,900,000.00	1,500,000.00	400,000.00
Predio Los Desmontes	Vid	42.00	10.00	7,000.00	60,000.00	420.00	2,940,000.00	2,520,000.00	420,000.00
El Porvenir Pozo No.1 BIS	Alfalfa	26.00	14.70	1,857.00	8,000.00	382.20	709,745.40	208,000.00	501,745.40
U. de R. La Alquería	Lechuga	20.00	30.00	1,000.00	15,000.00	600.00	600,000.00	300,000.00	300,000.00
U. de R. La Majada del Gallo	Alfalfa	20.00	14.62	1,507.50	15,000.00	292.40	440,793.00	300,000.00	140,793.00
U. de R. Los Alicantes	Vid	6.00	1.62	7,200.00	15,000.00	9.72	69,984.00	90,000.00	-20,016.00
D.R. S.T. Tierra Blanca No.1	Tomate verde	18.00	20.00	1,200.00	20,000.00	360.00	432,000.00	360,000.00	72,000.00

Nombre de la unidad de riego	Cultivo	Sup. Cosechada (ha)	Rendimiento (ton/ha)	Precio medio rural (\$/ton)	Costo Producción (\$/ha)	Producción (ton)	Valor de la Producción (\$)	Costo total de la producción (\$)	Utilidad total (\$)
U. de R. Pastoría No.5	Vid	40.00	12.00	9,500.00	90,000.00	480.00	4,560,000.00	3,600,000.00	960,000.00
U. de R. San Rafael	Alfalfa	13.00	15.67	1,842.00	12,550.00	203.71	375,233.82	163,150.00	212,083.82
Predio el Vergel	Maíz silo	13.00	60.00	600.00	12,000.00	780.00	468,000.00	156,000.00	312,000.00
Rancho Dolores No. 2	Alfalfa*	30.00	56.00	1,500.00	40,000.00	1,680.00	2,520,000.00	1,200,000.00	1,320,000.00
Predio los Fresnos	Maíz silo	4.00	35.00	3,000.00	10,000.00	140.00	420,000.00	40,000.00	380,000.00
Predio los tres Potrillos	Chile	9.00	1.50	45,000.00	25,000.00	13.50	607,500.00	225,000.00	382,500.00
U. de R. Predio San Manuel No.3	Chile	20.00	2.00	40,000.00	20,000.00	40.00	1,600,000.00	400,000.00	1,200,000.00
U. de R. Quebraplatos No.1	Chile	16.00	1.00	55,000.00	30,000.00	16.00	880,000.00	480,000.00	400,000.00
U. de R. Rancho Don Rosendo C	Chile	20.00	2.00	60,000.00	20,000.00	40.00	2,400,000.00	400,000.00	2,000,000.00
El Ruperto	Tomate verde	12.00	17.00	1,800.00	21,300.00	204.00	367,200.00	255,600.00	111,600.00
Predio el Carmen	Chile	50.00	2.50	50,000.00	35,000.00	125.00	6,250,000.00	1,750,000.00	4,500,000.00
Predio el Paraíso	Col de bruselas	24.00	23.00	10,000.00	150,000.00	552.00	5,520,000.00	3,600,000.00	1,920,000.00
Predio la Palma Chata	Frijol	4.00	1.50	5,000.00	7,000.00	6.00	30,000.00	28,000.00	2,000.00
Predio No. 1 SARH la palma	Chile	13.00	1.50	45,000.00	20,000.00	19.50	877,500.00	260,000.00	617,500.00

Nombre de la unidad de riego	Cultivo	Sup. Cosechada (ha)	Rendimiento (ton/ha)	Precio medio rural (\$/ton)	Costo Producción (\$/ha)	Producción (ton)	Valor de la Producción (\$)	Costo total de la producción (\$)	Utilidad total (\$)
Predio Pozo No. 4	Chile	13.00	1.50	45,000.00	15,000.00	19.50	877,500.00	195,000.00	682,500.00
Predio Pozo No. 9	Maíz	12.00	6.00	2000	13,000.00	72.00	144,000.00	156,000.00	-12,000.00
Predio Pozo No. 14	Tomate verde	20.00	7.00	2,200.00	10,000.00	140.00	308,000.00	200,000.00	108,000.00
Predio San Jerónimo	Chile	9.00	1.40	40,000.00	35,000.00	12.60	504,000.00	315,000.00	189,000.00
Predio sin Nombre(San José)	Chile	10.00	3.00	35,000.00	40,000.00	30.00	1,050,000.00	400,000.00	650,000.00
U. de R. El Bordo No. 14	Chile	15.00	2.00	55,000.00	35,000.00	30.00	1,650,000.00	525,000.00	1,125,000.00
U. de R. para el D.R. EL Cuervo No.1 Casa Blanca	Alfalfa	10.00	3.33	5,000.00	8,000.00	33.30	166,500.00	80,000.00	86,500.00
U. de R. PD. R. La Era No.1	Chile	12.00	1.00	40,000.00	20,000.00	12.00	480,000.00	240,000.00	240,000.00
U.R El Vergel	Maíz	12.00	10.00	2,500.00	40,000.00	120.00	300,000.00	480,000.00	-180,000.00
U.R. San Antonio del Ciprés No. 8	Maíz	15.00	6.00	2,200.00	9,000.00	90.00	198,000.00	135,000.00	63,000.00
Predio Harás Adriana Smith	Chile	6.00	1.00	30,000.00	18,000.00	6.00	180,000.00	108,000.00	72,000.00
Predio Rancho dos Arbolitos	Chile	5.50	0.80	30,000.00	20,000.00	4.40	132,000.00	110,000.00	22,000.00
Jarillas No.2	Frijol	8.00	1.00	9,000.00	6,000.00	8.00	72,000.00	48,000.00	24,000.00
Predio Casa Blanca	chile	6.00	3.00	55,000.00	25,000.00	18.00	990,000.00	150,000.00	840,000.00
Predio el Cedro	chile	6.00	2.00	45,000.00	35,000.00	12.00	540,000.00	210,000.00	330,000.00

Nombre de la unidad de riego	Cultivo	Sup. Cosechada (ha)	Rendimiento (ton/ha)	Precio medio rural (\$/ton)	Costo Producción (\$/ha)	Producción (ton)	Valor de la Producción (\$)	Costo total de la producción (\$)	Utilidad total (\$)
Predio el Norteño No. 2	Maíz silo	5.00	20.00	1,000.00	20,000.00	100.00	100,000.00	100,000.00	0.00
Predio el Palmarito o los Mezquites	chile	40.00	3.00	40,000.00	40,000.00	120.00	4,800,000.00	1,600,000.00	3,200,000.00
Predio la Mezquitera	Tomate	8.00	55.00	1,000.00	50,000.00	440.00	440,000.00	400,000.00	40,000.00
Predio La Purísima	Maíz	20.00	10.00	2,800.00	18,000.00	200.00	560,000.00	360,000.00	200,000.00
Predio Las Gemelas	Alfalfa	13.00	22.70	2,200.00	6,000.00	295.10	649,220.00	78,000.00	571,220.00
Predio Llano Blanco No. 3	Calabaza	5.00	0.50	38,000.00	10,000.00	2.50	95,000.00	50,000.00	45,000.00
Predio Los Martínez	Alfalfa	10.00	4.50	4,000.00	16,000.00	45.00	180,000.00	160,000.00	20,000.00
Predio Rancho Angélica	Alfalfa	5.00	33.70	2,500.00	12,000.00	168.50	421,250.00	60,000.00	361,250.00
Predio Rancho Santa Cruz	chile	10.00	3.00	50,000.00	50,000.00	30.00	1,500,000.00	500,000.00	1,000,000.00
Predio San Juan Pardillo II	chile	7.00	1.00	30,000.00	70,000.00	7.00	210,000.00	490,000.00	-280,000.00
U. de R. Dos Hermanos	chile	12.50	2.00	35,000.00	25,000.00	25.00	875,000.00	312,500.00	562,500.00
U. de R. Para D.R. Palmira No. 9 Ejido Col. Hidalgo	chile	8.00	1.50	40,000.00	30,000.00	12.00	480,000.00	240,000.00	240,000.00
U. de R. para El D.R. El Vergel (Canario)	Alfalfa	12.00	10.50	2,000.00	5,000.00	126.00	252,000.00	60,000.00	192,000.00
U. de R. San Benito Ojuelos	Frijol	15.00	1.50	4,500.00	10,500.00	22.50	101,250.00	157,500.00	-56,250.00

Nombre de la unidad de riego	Cultivo	Sup. Cosechada (ha)	Rendimiento (ton/ha)	Precio medio rural (\$/ton)	Costo Producción (\$/ha)	Producción (ton)	Valor de la Producción (\$)	Costo total de la producción (\$)	Utilidad total (\$)
U. de R. Las Auras No.14	Frijol	3.00	1.50	6,000.00	5,000.00	4.50	27,000.00	15,000.00	12,000.00
U.R. para el D.R. Calera (Auras, Toribio y Coyote)	Frijol	15.00	2.00	7,000.00	4,000.00	30.00	210,000.00	60,000.00	150,000.00
U. de R. Toribio No. 35	chile	21.00	1.50	45,000.00	23,000.00	31.50	1,417,500.00	483,000.00	934,500.00
U.R. Toribio No.36	Frijol	35.00	2.00	8,000.00	12,000.00	70.00	560,000.00	420,000.00	140,000.00
U. de R. Toribio No.38	chile	15.00	2.00	45,000.00	40,000.00	30.00	1,350,000.00	600,000.00	750,000.00
U. de R. Toribio N°.39	Frijol	28.00	2.00	7,000.00	20,000.00	56.00	392,000.00	560,000.00	-168,000.00
U. de R. Toribio No.44	chile	20.00	2.00	45,000.00	40,000.00	40.00	1,800,000.00	800,000.00	1,000,000.00
UR Predio Lote 46	Alfalfa	6.00	7.30	1,590.00	20,000.00	43.80	69,642.00	120,000.00	-50,358.00
Zona De Fraccionamientos De Fresnillo	Frijol	25.00	1.00	9,000.00	6,000.00	25.00	225,000.00	150,000.00	75,000.00
El Milagro	Maíz silo	15.00	35.00	600.00	5,000.00	525.00	315,000.00	75,000.00	240,000.00
Pozo Predio El Manantial	chile	85.00	1.50	40,000.00	40,000.00	127.50	5,100,000.00	3,400,000.00	1,700,000.00
Predio el Mirador (Iván Pérez)	Frijol	20.00	2.00	7,000.00	12,000.00	40.00	280,000.00	240,000.00	40,000.00
Predio El Terrón Lotes 34, 60E y 90	chile	12.00	2.00	45,000.00	40,000.00	24.00	1,080,000.00	480,000.00	600,000.00

Nombre de la unidad de riego	Cultivo	Sup. Cosechada (ha)	Rendimiento (ton/ha)	Precio medio rural (\$/ton)	Costo Producción (\$/ha)	Producción (ton)	Valor de la Producción (\$)	Costo total de la producción (\$)	Utilidad total (\$)
Predio Pozo 4 Francisco I Madero	Alfalfa	15.00	20.00	2,000.00	30,000.00	300.00	600,000.00	450,000.00	150,000.00
R. San Cristóbal Ejido Morelos, Zac, SPR de R.I.	Frijol	7.00	1.50	6,000.00	8,500.00	10.50	63,000.00	59,500.00	3,500.00
U.R. La Pimienta No. 2	chile	12.00	2.00	55,000.00	35,000.00	24.00	1,320,000.00	420,000.00	900,000.00
Predio Pozo N°5 Las Bombillas	chile	8.00	3.00	40,000.00	50,000.00	24.00	960,000.00	400,000.00	560,000.00
U. de R. Para de D.R. Huizache Negro No. 6	chile	14.00	1.00	45,000.00	35,000.00	14.00	630,000.00	490,000.00	140,000.00
U. de R. para el D.R. Casa Blanca No.5 Burras	chile	14.00	1.50	38,000.00	20,000.00	21.00	798,000.00	280,000.00	518,000.00
Predio Rancho Santa Cruz (Aguanaval)	Maíz	4.00	3.00	2,000.00	4,000.00	12.00	24,000.00	16,000.00	8,000.00
Predio San José	Chile °	20.00	6.00	4,000.00	40,000.00	120.00	480,000.00	800,000.00	-320,000.00
Predio El Mirador	Chile °	20.00	6.00	4,000.00	40,000.00	120.00	480,000.00	800,000.00	-320,000.00
Predio Parcela No 178 Z1 P1/1	Tomate	20.00	80.00	2,000.00	80,000.00	1,600.00	3,200,000.00	1,600,000.00	1,600,000.00