

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**  
**“ANTONIO NARRO”**  
**UNIDAD LAGUNA**  
**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS**



**TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA Y OPERACIÓN DEL  
MODULO DE RIEGO No.VII SAN MIGUEL, MATAMOROS  
COAHUILA.**

**POR:**

**HEVER MANJARREZ SAN JUAN**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACIÓN**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**DICIEMBRE DE 2009**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA Y OPERACIÓN DEL MODULO  
DE RIEGO NO.VII SAN MIGUEL, MATAMOROS COAHUILA.

POR:

HEVER MANJARREZ SAN JUAN

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACION DEL COMITÉ ASESOR,  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADA POR:

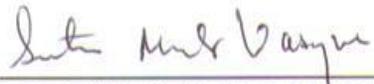
ASESOR PRINCIPAL

  
M.C. CARLOS EFREN RAMÍREZ CONTRERAS

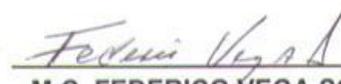
ASESOR:

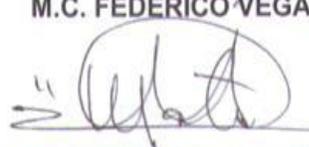
  
PH. D. VICENTE DE PAUL ÁLVAREZ REYNA

ASESOR:

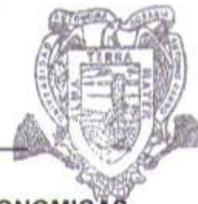
  
DR. JUVENTINO MORALES VASQUEZ

ASESOR:

  
M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

  
M.C. VICTOR MARTINEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS



Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE DE 2009.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS

TESIS DEL C. HEVER MANJARREZ SAN JUAN QUE SE SOMETE A  
LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACIÓN  
COMITÉ EVALUADOR:

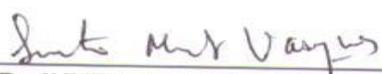
PRESIDENTE:

  
M.C. CARLOS EFREN RAMÍREZ CONTRERAS

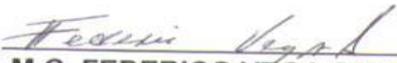
VOCAL:

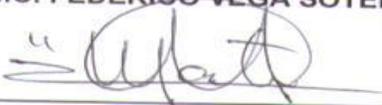
  
PH. D. VICENTE DE PAUL ÁLVAREZ REYNA

VOCAL:

  
DR. JUVENTINO MORALES VASQUEZ

VOCAL:

  
M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

  
M.C. VICTOR MARTINEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS



Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE DE 2009.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero antes que nada un agradecimiento especial a Dios Nuestro Señor por darme la existencia y permitirme llegar a esta linda etapa de mi vida y poder dar un paso muy importante en mi carrera.

A mi “Alma Terra Mater” por su gran generosidad y humildad, y por permitirme ser uno mas de sus hijos aceptándome en su seno con la única condición de estudiar y superarme.

A mis profesores que en el transcurso de mi carrera me impartieron clase por su amistad, su gran apoyo y por su siempre dar y aportar sus conocimientos para aprenderlos y aprovecharlos.

A los profesores del Departamento de Riego y Drenaje.

M.C. Carlos Efrén Ramírez contreras por su gran apoyo en la elaboración y desarrollo de esta tesis como mi asesor principal y su amistad.

Ph. D. Vicente De Paul Álvarez Reyna, Dr. Juventino Morales Vásquez, Ing. Federico Vega Sotelo , por su apoyo como asesores y revisores de esta tesis.

## DEDICATORIAS

A mis padres: El Sr. Hermilo Manjarrez Maldonado y la Sra. María Lorenza San Juan Sánchez, por todo su amor, cariño, consejos, comprensión y apoyo incondicional en mi vida, y ser la clave de este logro en mi existencia.

A mis hermanos: Damaris, Habot Jair, Eliacib, Esbar Edrey, Uziel Isidoro, Hazael Eleno, Esmeralda; por su cariño y por ser una inspiración en mi vida para superarme siempre.

A mis compañeros y amigos de grupo: Nereida ,Domingo Miguel, Julio, Limber , Fabiel, Jesus, Guillermo, por su sincera amistad y compartir tantos lindos momentos en el transcurso de la carrera y por siempre haber recibido apoyo en momentos difíciles.

## RESUMEN

En la comarca lagunera existe una limitación en cuanto a la disponibilidad de agua para fines de riego, a pesar de ello, la mala distribución del recurso existente es muy inadecuada debido a la mala operación, ya sea por la mala distribución, la conducción o aplicación en los cultivos. El estudio fue realizado en el modulo de riego VII "San Miguel" el cual tiene sus oficinas ubicadas en Matamoros, Coahuila. Para lograr este trabajo se realizaron una serie de actividades dentro del modulo como fueron: medición de superficies, aforos, cálculos de eficiencias (conducción, operación y aplicación) y laminas de riego, avances de riego, y se realizo un mosaico de cultivos. Para llevar a cabo dichas actividades se utilizaron aparatos de medición tales como el GPS, el Molinete Electrónico, flexómetro y estatal, así como software para el procesamiento de los datos como el ArcView. La medición de superficies se realizo georeferenciando las coordenadas UTM en cada vértice de las parcelas para luego unirlos en el ArcView y formar los polígonos, para los aforos se utilizo el Molinete Electrónico con el cual se mide la velocidad del agua. Los resultados obtenidos revelan que no existe un control en la operación del modulo de riego, porque no existe control en la medición de superficies ni en la entrega de agua a los usuarios lo que provoca que no se tenga el avance de riego programado.

**Palabras clave:** software ArcView, coordenadas UTM, molinete electrónico, operación, distribución , conducción.

## INDICE DE CONTENIDO

	Pagina
AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
RESUMEN.....	iii
INDICE DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE CUADROS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
III. OBJETIVO ESPECIFICO.....	3
IV. HIPOTESIS.....	3
V. REVICION DE LITERATURA.....	3
5.1 Definición de Sistema de Riego.....	3
5.2 Concepto de uso eficiente del agua.....	5
5.3 Eficiencia del uso del agua en los distritos de riego.....	6
5.4 Métodos para la medición de caudales.....	9
5.5 Calidad de riego por superficie y de otros sistemas de riego.....	15
VI. MATERIALES Y METODOS.....	16
6.1 Características físico-geográficas del modulo VII "San Miguel".....	17
6.2 Patrón de cultivo.....	20
6.3 Red de canales que irrigan el módulo VII "San Miguel".....	20
VII. RESULTADOS.....	21
7.1 Diagnostico integral del modulo VII "San Muigel".....	21
7.2 Transferencia de tecnología.....	32
VIII. CONCLUSIONES.....	34
IX. RECOMENDACIONES.....	35
X. LITERATURA CITADA.....	36

## INDICE DE CUADROS

No.	Contenido	Página
1	Factor de corrección de velocidad.....	11
2	Patrón de cultivos del modulo VII "San Miguel".....	20
3	Superficies medidas (ha.) en el modulo VII "San Miguel".....	22
4	Aforos en canales del modulo VII "San Miguel".....	23
5	Perdidas de agua por infiltración en el modulo VII "San Miguel".....	24
6		25
7	Perdidas de operación parcelaria (lps), en el modulo VII "San Miguel".....	26
8	Parcelas de seguimiento. Modulo VII "San Miguel".....	27
	Operación de las parcelas de seguimiento.....	
9	Características hidráulicas geométricas de las parcelas de seguimiento.....	28
10	Información base para análisis. Modulo VII " San Miguel".....	28
11	Comportamiento de los gastos hidráulicos y eficiencias. Modulo VII "San Miguel".....	29
12	Volumen a diferentes niveles de operación. Modulo VII "San Miguel".....	29
13	Laminas a diferentes niveles de operación. Modulo VII " San Miguel ".....	30
14	Parámetros de comportamiento. Modulo VII "San Miguel".....	30
15	Componentes del balance hidrológico.....	31
16	Relatividad de los componentes del balance hidrológico.....	31

## INDICE DE FIGURAS

No.	Contenido	Página
1	Sección transversal de los canales (tierra y revestido).....	12
2	Mapa del Modulo VII "San Miguel".....	19
3	Red de canales del modulo VII "San Miguel".....	21
4	Medición de superficies en el modulo VII "San Miguel".....	22
5	Aforo en regaderas en el Modulo VII "San Miguel" .....	24
6	Curso de GPS.....	33
7	Entrega de archivos digitalizados al gerente del modulo VII "San Miguel" .....	34

## I. INTRODUCCIÓN

La transferencia de manejo y operación de los distritos de riego de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) a usuarios y productores agropecuarios, se realizó con el objetivo fundamental de obtener un mejor aprovechamiento del agua e infraestructura hidráulica. A partir de esta transferencia, se ha hecho un uso más eficiente del agua, sin embargo, se siguen presentando excesivas pérdidas en el uso del agua en la agricultura.

Según el diagnóstico del Programa Nacional Hídrico, el sector agrícola de México utiliza casi el 80 por ciento del agua disponible en el país, sin embargo, se estima que hay muchas extensiones de cultivos de riego, donde se hace un mal uso del vital líquido (más del 50 por ciento).

Esta situación no es diferente en el caso del módulo VII “San Miguel”, del distrito de riego 017, región lagunera de Coahuila y Durango, donde se pierde más de la mitad del agua designada para riego.

La Asociación Civil de Usuarios del módulo VII “San Miguel” reconoce que efectivamente existe un desperdicio considerable de agua en el uso agrícola, ocasionado principalmente por falta de financiamiento para acceder a sistemas de riego tecnificado, y la infraestructura que se utiliza tiene más de 50 años de uso por lo que debe ser mejorada. La ampliación y modernización de la infraestructura hidráulica requiere de una cuantiosa inversión, superior a los recursos disponibles con las fuentes tradicionales de financiamiento. Además del problema del uso inadecuado del agua en los distritos de riego, existe la problemática que reclama la modificación de la Ley de Aguas Nacionales para darle solución. El tema del

agua se ha convertido en un problema grave para la seguridad nacional, ya que la escasez del vital líquido como consecuencia del mal aprovechamiento y uso podría causar inestabilidad social y limitar el desarrollo agropecuario. Por ello, debemos adquirir mayor conciencia de la necesidad de optimizar el uso del agua e implementar reglas jurídicas más eficaces para su conservación y cuidado.

En la Asociación Civil de Usuarios del módulo VII “San Miguel” es prioritario fomentar el uso eficiente y sustentable del agua en la producción agrícola. Se debe promover masivamente una cultura del uso eficiente y sustentable del agua en los distritos de riego, no mediante el incremento irracional de las cuotas para los usuarios sino a través de otras medidas como campañas intensivas de concientización e instalación de medidores para evitar el mal de uso del agua de riego.

## **II. OBJETIVOS**

Evaluar el manejo del agua por parte de la asociación de usuarios del módulo VII “San Miguel”.

Transparentar las actividades que se realizan en el uso y manejo del agua en módulo de riego no. VII “San Miguel” del distrito de riego 017 región lagunera.

### **III. ETIVO ESPECÍFICO**

Diagnosticar de manera particular los problemas que presenta el módulo de riego No. VII “San Miguel” y de esta forma resolverlos de acuerdo a su nivel de importancia y prioridad.

### **IV. HIPOTESIS**

El diagnóstico de la operación integral de la red de distribución del módulo VII “San Miguel”, ejido Matamoros, Torreón Coahuila, permitirá fomentar el uso eficiente y sustentable del agua en la producción agrícola.

### **V. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **5.1 Definición del Sistema de Riego.**

Es un conjunto de componentes cuyo objetivo principal es conducir el agua desde la fuente de abastecimiento y lograr una distribución equitativa hacia los productores (Skogerboe y Merkley 1996), este puede ser dividido en cuatro subsistemas principales: Fuente de abastecimiento, conducción, distribución; aplicación parcelaria y drenaje. Los autores consideran que el subsistema parcelario es el “corazón” de un sistema de riego, debido a que en él se realiza la función primaria del sistema, producir alimentos tanto para humanos como animales. En este concepto, los subsistemas de suministro fuentes, conducción-distribución y drenaje apoyan al subsistema parcelario. Esta, es una definición netamente física, los autores señalan que aún cuando los cuatro subsistemas de

riego hayan sido adecuadamente diseñados, la falta de un marco institucional y tecnológico adecuado para la operación del mismo. El criterio del diseño, conducirá a su falla, o a niveles bajos de productividad. Un sistema de riego es un arreglo por el cual el agua se lleva de una fuente a una área que necesita agua para la producción de los cultivos (Hunt, 1997). Además, el concepto de “tamaño” y “estructura de autoridad”, definiendo a la autoridad como el derecho legítimo de ejercer poder, respecto al “tamaño” menciona que es posible medirlo por el número de compuertas, superficie de riego y longitud de canales. En cuanto a la “estructura”, según él, se mide identificando la autoridad administrativa que incide en cada nivel de conducción-distribución del sistema de riego.

Las definiciones presentadas por Hunt (1997) y por Skogerboe y Merkley (1996) se consideran limitadas ya que solo identifican componentes físicos del sistema (fuentes, canales, drenes y parcelas) y no-físicas como la organización y la estructura de autoridad. Con el fin de lograr una mejor definición del sistema de riego, de manera que se pueda identificar su sustentabilidad, se definirá como sistema de producción bajo riego aquel cuyos componentes principales son: la infraestructura de riego-drenaje, parcelas de los usuarios y los usuarios mismos. En esta concepción, el componente hombre, usuario, es el componente principal, debido a que un sistema de producción bajo riego, deja de ser sistema si no existen los usuarios. Los sistemas de riego, como sistemas de producción han sido creados para satisfacer las necesidades de los usuarios. En esta concepción, si no se logra hacer entender al usuario, a través de una capacitación integral (económica, social y ambiental) que él es el componente más importante, del sistema, difícilmente se puede lograr la sustentabilidad del mismo. En sentido

contrario, cuando se logra su convencimiento, el hombre comienza a ver a la infraestructura hidroagrícola y las parcelas como un medio para lograr una satisfacción plena.

## **5.2 Concepto de uso eficiente del agua**

El Concepto de **“uso eficiente del agua”** incluye cualquier medida que reduzca la cantidad de agua que se utiliza por unidad en cualquier actividad, y que favorezca el mantenimiento o mejoramiento de la calidad de agua (Joseph, 1981).

El uso eficiente del agua está relacionado con otros conceptos básicos del manejo actual de recursos ambientales, y en muchos casos forma parte integral de ellos. De estos conceptos relacionados, tal vez el más arraigado es el de la conservación del agua. Este concepto se ha definido de muchas maneras, pero tal vez el concepto de Baumann, 1979 sea el más correcto, o sea que el uso eficiente del agua es cualquier reducción o prevención de pérdida del agua que sea de beneficio para la sociedad. Visto de esta manera, el uso eficiente del recurso es de suma importancia para la conservación. La definición de conservación sugiere que las medidas de eficiencia deben tener sentido social, ambiental y económico, además de reducir el uso por unidad de actividad. Por último, el uso eficiente del agua es básico para el desarrollo sostenible (uso de los recursos de la tierra por los habitantes de hoy) y asegurar que haya suficientes recursos para generaciones futuras. El uso eficiente de los recursos es una forma de alcanzar las metas del desarrollo sostenible.

### 5.3 Eficiencia del uso del agua en los distritos de riego

La eficiencia en el uso del agua en los distritos de riego se integra por varios componentes, considerando las pérdidas desde su almacenamiento, conducción y aplicación a las parcelas. Es importante conocer como se definen estos componentes, así como la forma en que pueden mejorarse para lograr la optimización de este importante y escaso recurso, en la mayoría de las zonas agrícolas de México (Palacios, 1989).

En forma general, se define como eficiencia en uso de agua, la relación entre el volumen de agua utilizado con un fin determinado y volumen extraído o derivado de una fuente de abastecimiento con ese fin. (Burman, et al., 1981).

Expresado en forma funcional se tiene:

$$E_f = \frac{V_u}{V_e} 100 \quad (1)$$

Donde;

$E_f$ =Eficiencia

$V_u$ =Volumen utilizado, m<sup>3</sup>

$V_e$  = Volumen extraído de la fuente de abastecimiento, m<sup>3</sup>

Para el caso, se hará referencia a la eficiencia en uso de agua para riego, por lo que la eficiencia general se puede dividir en varios componentes, siguiendo la propuesta de la Comisión Internacional de Riego y Drenaje, (Burman, et al., 1981). Las causas de baja eficiencia en los sistemas de riego por gravedad son muy diversas. Realizando mediciones en algunos de los sistemas de riego más importantes de México (Palacios, 1990), concluyó que los principales orígenes son los siguientes:

## **Eficiencia de almacenamiento**

Es la relación entre el volumen que se deriva para riego ( $V_d$ ), entre el volumen que entra a un vaso de almacenamiento ( $V_e$ ) para el mismo fin:

$$Es. = \frac{V_d}{V_e} 100 \quad (2)$$

Donde;  $Es$  = Eficiencia de almacenamiento

$V_d$  = Volumen derivado para riego  $m^3$

$V_e$  = Volumen del vaso de almacenamiento  $m^3$

## **Eficiencia de conducción**

La eficiencia de conducción, es decir entre almacenamiento y sistema de distribución a nivel parcela, oscila alrededor del 60%. Se ha identificado que las principales causas de pérdida son: pérdidas por operación y pérdidas por infiltración.

La eficiencia de conducción, relación entre el volumen de agua que se entrega a las parcelas para riego ( $V_p$ ) y volumen que se deriva de la fuente de abastecimiento ( $V_d$ ):

$$Ec = \frac{V_p}{V_d} 100 \quad (3)$$

Donde;

$Ec$  = Eficiencia de conducción

$V_p$  = volumen derivado a la parcela  $m^3$

$V_d$  = Volumen derivado de la fuente de abastecimiento  $m^3$

En esta eficiencia existe otro factor que repercute en el buen funcionamiento de la red de conducción de los canales que es: la evaporación.

### **Pérdidas por operación**

Estas pérdidas se producen debido al mal estado en que se encuentran las estructuras localizadas en los canales: repesos, compuertas, tomas, los cuales carecen de mantenimiento, tanto por parte del personal que labora en el modulo como por parte de los usuarios del agua para riego.

### **Pérdidas por infiltración**

Estas pérdidas se presentan principalmente en las regaderas o acequias de tierra sobretodo en zonas arenosas, las de mayor importancia dependen del perímetro mojado, longitud del canal, coeficiente de infiltración, carga hidráulica y la estructura del suelo.

$$Pi. = \frac{Va}{Vd} 100 \quad (4)$$

Donde;

Pi= Perdida por infiltración

Va= volumen de agua entregado en la parcela m<sup>3</sup>

Vd= volumen de agua derivada de la boca toma m<sup>3</sup>

## **Eficiencia de aplicación**

La eficiencia de aplicación de agua podemos definirla como la relación que existe entre la evapotranspiración del ciclo del cultivo ( $et$ ) y el volumen de agua que le fue aplicado. Se puede expresar con la siguiente fórmula:

$$Ea. = \frac{Et}{Va} 100 \quad (5)$$

Donde;

$Ea$ = Eficiencia de aplicación

$Et$ = Evapotranspiración

$Va$ = volumen de agua aplicado

## **5.4 Métodos para la medición de caudales**

El aforo es una actividad que se realiza para conocer la cantidad de agua que pasa a través de cierta sección de un canal en un determinado momento, consiste en medir la velocidad del agua y dimensiones de la sección por la cual circula el agua (USDA, 2000).

El aforo de agua es importante para:

1. Confirmar la ejecución del plan de operación.
2. Cobrar la tarifa volumétrica, según el volumen de agua entregado.
3. Evaluar el manejo del agua.

Los métodos más utilizados para medir caudales de agua en los diferentes sistemas de riego, son (USDA, 2000):

1. Método del Flotador
2. Método Volumétrico
3. Método Sección – Velocidad utilizando el molinete

### **Método del flotador**

Se utiliza en canales y acequias, proporciona solo una medida aproximada de los caudales; su uso es limitado debido a que los valores que se obtienen son estimativos del caudal, siendo necesario el uso de otros métodos de mayor precisión. El método consiste en seleccionar un tramo del canal que sea recto y de sección transversal uniforme, de alrededor de 10 metros de largo, donde el agua fluye libremente. Se marca en el terreno la longitud seleccionada y se toma el tiempo que tarda el flotador en llegar, con el fin de conocer la velocidad que lleva el agua en esa sección (USDA, 2000).

### **Determinación de la velocidad del agua.**

Se divide el largo de la sección elegida, por el tiempo promedio en que tarda el flotador en recorrerla, expresado en metros por segundos, multiplicada por un factor de corrección, el cual es función de la profundidad promedio del canal (USDA, 2000).

$$V = \frac{L}{t} K = (\text{m/s}) \quad (1)$$

Donde;

V = Velocidad del agua en el caudal (m/s)

L = Longitud del recorrido del flotador (m)

t = Tiempo promedio del recorrido del flotador (s)

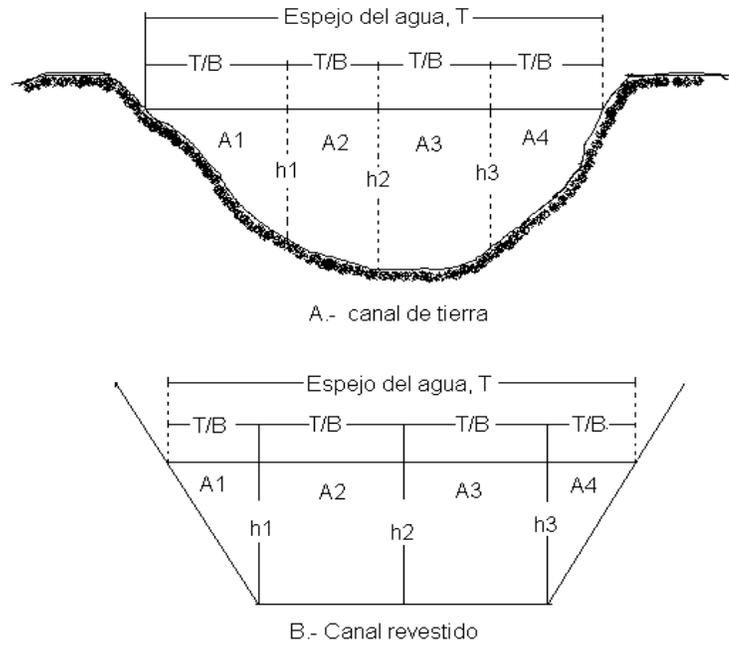
K = Coeficiente de corrección de la velocidad (Cuadro 1)

**Cuadro 1. Factor de corrección de velocidad.**

TIRANTE (m)	K
0.30	0.66
0.61	0.68
0.91	0.70
1.22	0.72
1.52	0.74
1.83	0.76
2.74	0.77
3.66	0.78
4.57	0.79
Mayor que 6.1	0.80

### **Determinación del área del canal.**

En la determinación de las áreas de acequias o canales de tierra se tienen que seccionar debido a que la sección construida no es uniforme, por lo tanto se divide en varios segmentos iguales, de tal forma que se tenga una serie de figuras geométricas consistentes en triángulos, trapecios y rectángulos, cuyos lados estarán dados por la profundidad (h) del agua y por la longitud del segmento (T/B). De la misma manera para un canal revestido, este se divide en varios segmentos iguales, formando una serie de figuras geométricas, en la mayoría de los canales revestidos solo se forman triángulos y rectángulos cuyos lados están formados por la profundidad (h) del agua y por la longitud del segmento (T/B), tal como se muestra en la figura 1 (USDA, 2000).



**Figura 1. Sección transversal de los canales de tierra y revestido.**

Determinación del área total para canales o acequias

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = (m^2) \quad (2)$$

En un canal de tierra es:

$$A = \frac{(T/Bh_1)}{2} + \frac{(h_1 + h_2)T/B}{2} + \frac{(h_2 + h_3)T/B}{2} + \frac{(T/Bh_3)}{2} \quad \text{Para un canal revestido es:} \quad (3)$$

$$A = \frac{(T/Bh_1)}{2} + T/Bh_2 + T/Bh_3 + \frac{(T/Bh_3)}{2} \quad (4)$$

Donde:

A = Área total del canal (m<sup>2</sup>)

T = Ancho del espejo del agua (m)

B = Numero de segmentos en que se divide el  
espejo del agua (m)

h<sub>1</sub>,h<sub>2</sub>,h<sub>3</sub> = Son los tirantes o profundidades (m)

### **Método por volumen.**

Método que permite medir pequeños caudales de agua, como son los que ocurren en surcos o pequeñas acequias. Para ello es necesario contar con un deposito (balde), de volumen conocido en el cual se capta el agua, anotando el tiempo en que se tarda en llenarse. Esta operación se repite de 5 a 10 veces y se promedia, para asegurar una mayor exactitud. Dividiendo el volumen de agua captado en el recipiente, entre el tiempo (en segundos) que tarda en llenarse, se obtiene el caudal en litros por segundo, (INRENA, 2005).

La ecuación para calcular el caudal por el método volumétrico es la siguiente:

$$Q = \frac{\text{Vol.}}{t} = (\text{lps}) \quad (6)$$

Donde;

Q = Caudal (lps)

Vol. = Volumen conocido del recipiente (litros)

t = Tiempo promedio de recolección del agua en el balde (segundos)

Aunque simple, es el método de mayor exactitud.

## **Método Sección – Velocidad utilizando el molinete digital**

Otra forma de aforar, es a través de molinetes, con los cuales se mide la velocidad del agua en el canal de riego. En este caso, se utiliza el método de área, A, y Velocidad, V, para medir el caudal, Q, en un canal se utiliza la ecuación:

$$Q = VA = (\text{m}^3/\text{s}) \quad (7)$$

Donde;

$$Q = \text{Caudal (m}^3/\text{s)}$$

$$V = \text{Velocidad (m/s)}$$

$$A = \text{Área de canal (m}^2\text{)}$$

En caudal grande, la sección hidráulica del canal se divide en varias sub áreas (Figura 1), y en cada una se aplica la ecuación (7). Una vez hecho lo anterior, el caudal del canal será la suma de cada uno de los resultados de las subáreas, para medir la velocidad en cada una de las subáreas, existen diferentes formas de hacerlo.

## **Método de la velocidad vertical**

El método más completo para establecer la velocidad media en una sección vertical y consiste en registrar la velocidad del agua en varios puntos a través de la profundidad del agua (generalmente a cada décimo de la profundidad). Se grafica la información, poniendo la velocidad relativa (de 0 a 1) en el eje de las x's, y la velocidad en las y's, a través de lo cual se determina la velocidad promedio. Este método se repite para cada una de las subáreas, por lo que se consume mucho tiempo, de tal manera que a menudo se utilizan otros métodos más sencillos como: el de dos puntos y seis décimos.

### **Método de los dos puntos**

Consiste en medir la velocidad del agua en cada una de las subáreas a 0.2 y 0.8 es decir a 2 y 8 decimas partes del total de la profundidad del agua a partir de la superficie de esta. Se supone que el promedio de ambas lecturas equivale a la velocidad media del agua en toda la subárea.

### **Método de los seis décimos**

Utilizado en canales cuya profundidad es menor a los 75 cm. Consiste en medir la velocidad a 0.6 de la profundidad, a partir de la superficie del agua. Se considera que la velocidad registrada equivale a la velocidad media del agua en la subárea. Frecuentemente, se utiliza este método en las subáreas de las orillas, mientras que el de dos puntos se usa en el resto de las subáreas (USDA, 2000).

## **5.5 Calidad del riego por superficie y de otros sistemas de riego**

Es una opinión generalizada que los sistemas de riego por superficie tienen una calidad o eficiencia muy baja. Incluso se les acusa frecuentemente de "despilfarrar" agua. La conclusión sobre la uniformidad y eficiencia de los distintos sistemas de riego en general es muy similar. Se puede concluir que cuando el riego por superficie se adapta a las condiciones, su calidad es cuando menos similar a la de los demás sistemas de riego (Playán, et al., 1996).

La comparación entre las eficiencias medias e ideales revela que existe importante diferencia en algunos sistemas de riego, entre ellos el riego por superficie. Esto indica que cuando un sistema de riego es bien adaptado a unas

condiciones particulares de topografía, suelo, suministro de agua y cultivos su eficiencia depende básicamente del nivel de manejo. Esto muestra una vez más la importancia de realizar una buena elección del sistema de riego, diseñado que tenga el potencial de alcanzar una elevada eficiencia y manejo que desarrolle todo su potencial. En ocasiones el riego por superficie no está adaptado al terreno y se alcanzan eficiencias muy inferiores, por debajo del 50% (Playán, et al., 1996).

## VI. MATERIALES Y METODOS

Para conocer la operación integral de la red de distribución del módulo VII “San Miguel”, ejido Matamoros, Torreón Coahuila, se utilizaron diferentes aparatos de medición.

Los materiales que se utilizaron para el cálculo de los aforos de eficiencia de la red de conducción, son los que continuación se mencionan y describen, molinete digital (sigma sport), estadal, cinta métrica y cronometro.

- Molinete digital, función, obtención de la velocidad.
- *Estadal*, para obtener los tirantes y para seccionar el canal.
- *Cinta métrica*, para medir el espejo del agua.

El método utilizado para los aforos, fue el método de sección y velocidad, descrito anteriormente en la revisión de literatura.

Para la medición de superficie se utilizó el *GPS* y para la digitalización de la información se usaron imágenes satelitales. Utilizando en la medición las coordenadas *UTM*, se tomaron las coordenadas en cada uno de las vértices de las

parcelas que fueron regadas con agua del río, las cuales se descargaron en un programa de información geográfica el *Arcview*, donde se unieron los puntos conforme fueron tomados en el campo, para formar los polígonos de las parcelas.

### **6.1 Características físico-geográficas del módulo VII “San Miguel”**

En este apartado se describen tres niveles de información (1) Descripción climatológica, (2) Localización del área de estudio, y (3) Descripción de las unidades de muestreo.

#### **Descripción climatológica**

El clima característico de esta región es cálido seco, temperatura media anual de 20.9°C, y una precipitación media anual de 244 mm. La primera helada se ha registrado en el mes de Octubre y la última en Abril, cabe señalar que hay registros de heladas en el mes de Mayo.

## **Localización del área de estudio**

Se encuentra ubicado dentro del municipio de Matamoros al Suroeste del estado de Coahuila en las coordenadas  $28^{\circ}38'12''$  latitud norte y  $102^{\circ}56'54''$  longitud oeste, 1060.0 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte y noroeste con el municipio de Cuatrociénegas, Coahuila, este y sureste municipio de Parras de la Fuente, Coahuila, al sur con el municipio de Viesca, Coahuila al suroeste con el municipio de Matamoros, Coahuila y al noroeste con el municipio de Francisco I. Madero, Coahuila. En la figura 2 se muestra los límites del modulo VII con una líneas rojas, y las pequeñas figuras que se distinguen en color verde y rojo son los polígonos de las parcelas regadas con agua del rio Nazas en el ciclo agrícola 2007-2008.

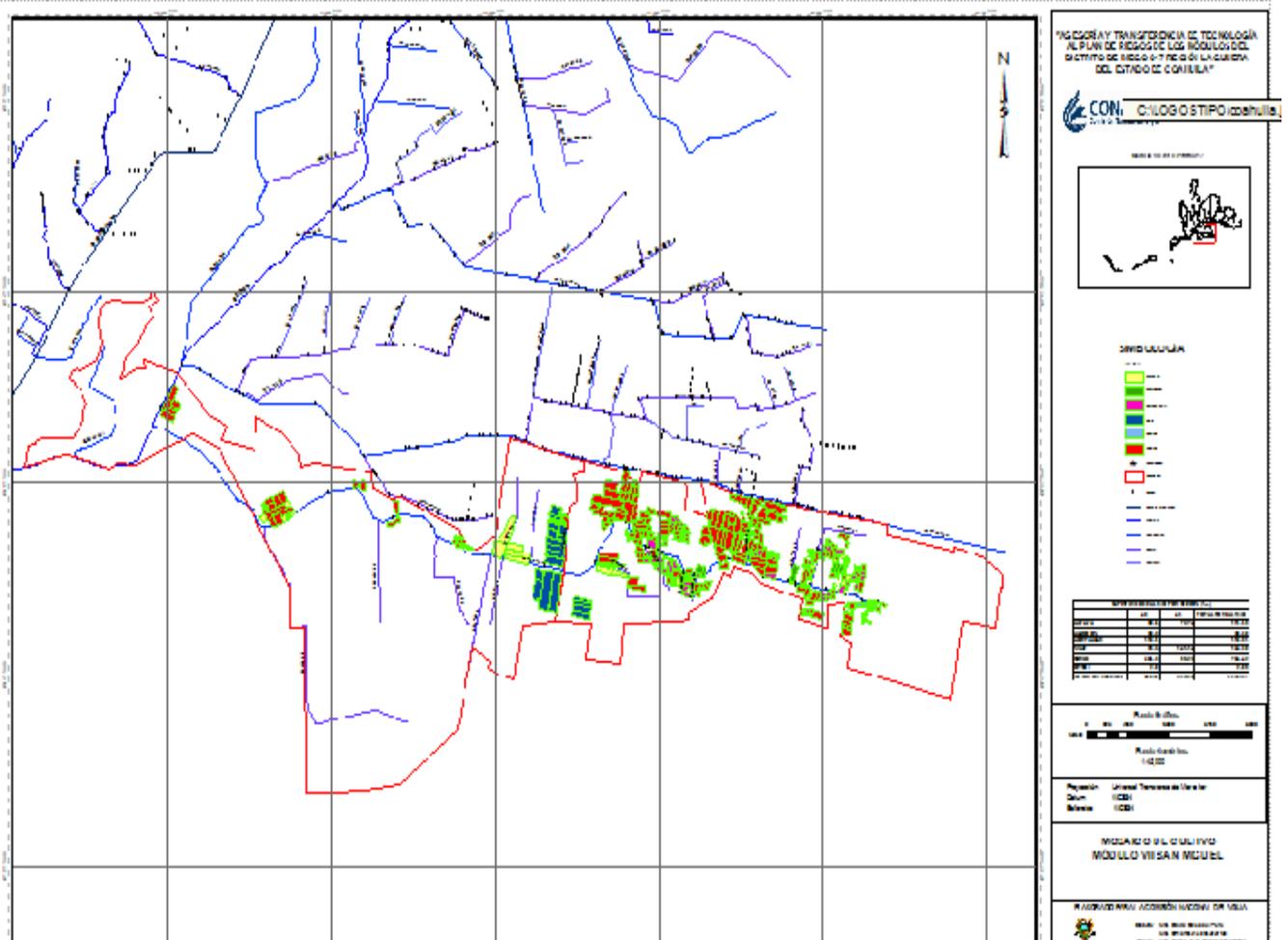


Figura 2. Mapa del Módulo VII “San Miguel”.

### Descripción de las unidades de muestreo

Se trabajó con un criterio integral, tomando como base el balance hidrológico, partiendo de la unidad básica de manejo que en lo sucesivo se llamó tabla o unidad de muestreo, definida como aquella área en donde se establecen los cultivos y es objeto de recomendación en el mejoramiento de las características hidráulico-geométricas.

## 6.2 Patrón de cultivo

El cultivo predominante es el sorgo con un 63.05% del total de la superficie, le sigue maíz 14.68 %, hortalizas 11%, alfalfa 9.93, algodón 1.81% y otros 0.25%, como se observa en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Patrón de cultivos del módulo VII “San Miguel”**

CULTIVO	SUPERFICIE DE CULTIVO POR SECCION (ha)		
	40	41	TOTAL POR CULTIVO
ALFALFA	38.85	72.74	111.59
ALGODÓN	20.38		20.38
HORTALIZAS	119.91		119.91
MAIZ	23.24	141.14	164.38
SORGO	605.20	99.22	704.42
OTROS	2.89		2.89
TOTAL POR SECCION	810.47	313.10	1123.57

## 6.3 Red de canales que irrigan el módulo VII “San Miguel”

La conducción del agua se realiza a través de canales, siendo el canal principal que abastece al módulo el canal lateral 03+500 derecho y del cual se derivan los canales secundarios los cuales son sublaterales, que a su vez se dividen en otros más pequeños que son los ramales y subramales, la red de canales del módulo VII se encuentra distribuida como se muestra en la figura 3.

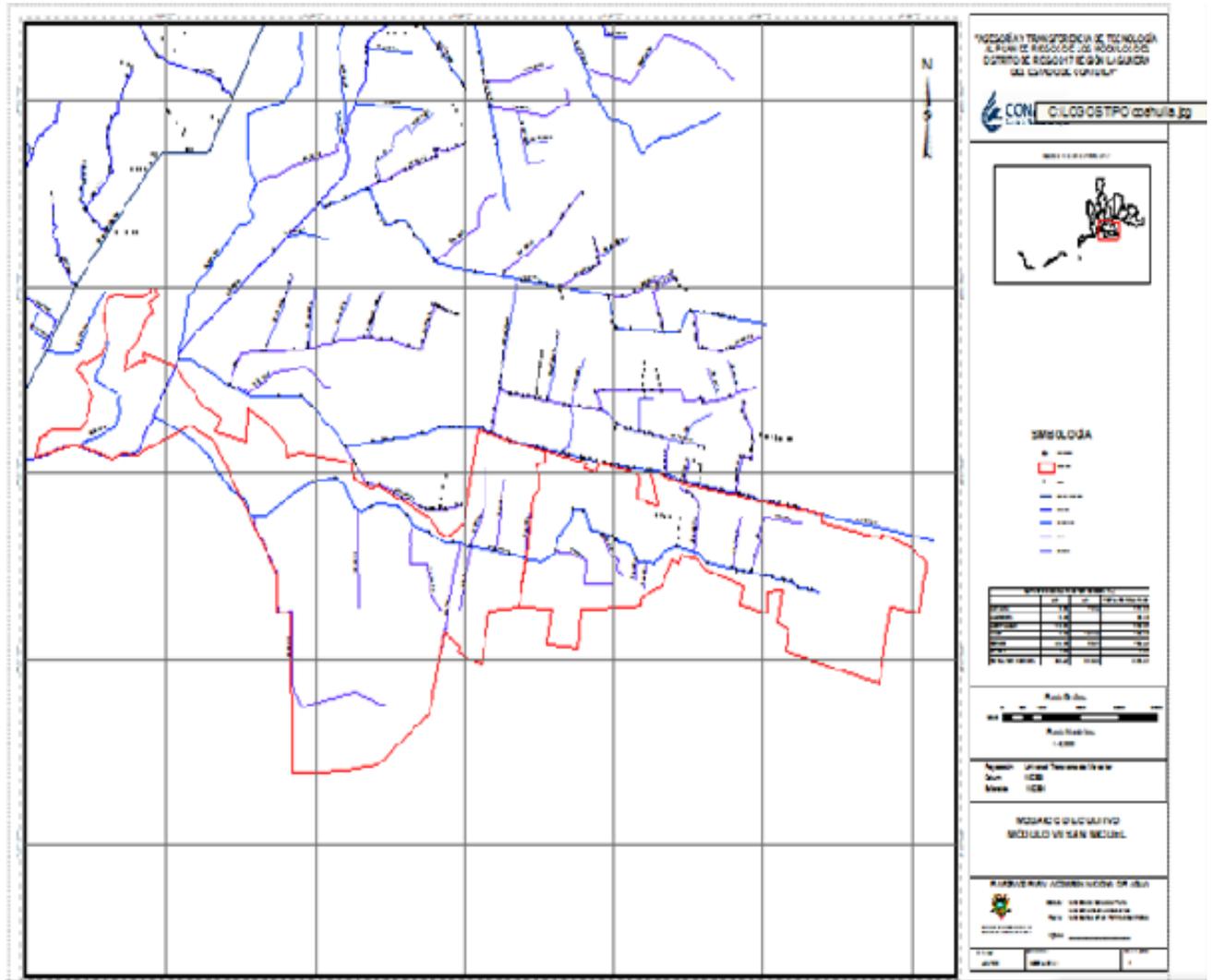


Figura 3. Red de canales del módulo VII “San Miguel”

## VII. RESULTADOS

### 7.1 Diagnostico integral del modulo VII “San Miguel”

Para obtener este resultado fue necesario realizar una serie de actividades, las cuales se desarrollan a continuación al igual que la información que se obtuvo de ellas.

## Medición de superficie preparada y regada

Una de las actividades que se realizó en el período en que se informa, fue la medición de superficie regada, se midió la superficie utilizando un sistema de Posicionamiento Global para georeferenciar los polígonos de superficie regada e imagen de satélite. La sección 41 tiene un programa de riego de 258 ha, sin embargo la superficie regada medida fue de 314.95 ha de las cuales se tiene un excedente de 55.10 ha . En el Cuadro 3 se presenta la superficie regada medida.



Figura 4. Medición de superficies en el módulo VII “San Miguel”

Cuadro 3.- Superficies medidas (ha.) En el módulo VII, “San Miguel”.

Sección	Programa (ha)	Medida con cultivo (ha)	Diferencia (ha)
40	832	810.47	-21.53
41	258	315.1	55.10
total	1090	1123.57	33.57

### Aforos en puntos de control

Se realizaron aforos en los puntos de inicio de canales principales los cuales se les hizo entrega al personal del módulo y Jefe de Unidad respectivo. En el Cuadro 4 se muestran los aforos (Q) en punto de inicio y final del canal en litros por segundo.

**Cuadro 4.- Aforos en canales del módulo VII, San Miguel.**

Lateral	SubLateral	Ramal	Q, Punto inicial	Q, Punto final
03+500 D	06+612 D		2 377	1 871
03+500 D	06+612 D	13+527I	297	266
03+500 D	06+612 D	15+689D	78	64
03+500 D	06+612 D	21+869I	196	178
03+500 D	06+612 D	23+514D	141	102
03+500 D	06+612 D	23+514D	153	141
03+500 D	06+612 D	23+514I	323	248

## Eficiencias de conducción

Se determino la eficiencia de conducción ( $E_{fc}$ ) y las pérdidas de agua por conducción ( $Q_{perd}$ ). Se encontró una eficiencia de conducción a nivel de módulo de 74.3 por ciento y una pérdida de infiltración para canales revestidos de 3.26 lps por cada 100 metros de canal y 9.0 lps /100m para regaderas parcelarias. (fig. 5). En el Cuadro 5 se presenta la longitud y pérdida de agua por infiltración ( $Q_{perd}$ ) en el canal principal en el Módulo VII.



Figura 5. Aforos en regaderas en el módulo VII “San Miguel”

Cuadro 5.-Pérdidas de agua por infiltración en el módulo VII “San Miguel”.

Nombre	Longitud Km	%	Longitud Km	Qperd lps/100 m	lps
S.L.D 6+612, L.T.D 3+500	18.503	0.3	5.55	2.72	151
R.I 13+525, S.L.D 6+612	1.970	0.3	0.59	1.85	11
R.D 15+689, S.L.D 6+612	1.600	0.3	0.48	1.71	8
R.I 21+869, S.L.D 6+612	2.000	0.3	0.60	1.47	9
R.D. 23+514,S.L.D 6+612	3.200	0.3	0.96	6.61	63
R.I 23+514 S.L.D. 6+612	2.900	0.3	0.87	5.17	45
<b>Subtotal</b>	30.173	0.3	9.05	3.26	287
<b>Regaderas parcelarias</b>					
<b>Total</b>	18.000	0.3	5.40	9.00	49

En el cuadro 6 se presentan las pérdidas de operación registradas a nivel parcelario la cual presenta un promedio por canal de 5.1 lps.

**Cuadro 6.- Pérdida de operación parcelaria (lps), en el módulo VII “San Miguel”.**

Regadera parcelaria	Perdidas de operación (lps)
1	1.5
2	1.6
3	1.2
4	1.3
5	2.1
6	4.0
7	4.0
8	4.0
9	8.0
10	10.0
11	12.0
12	12.0
<b>Promedio</b>	5.1

### **Evaluación de sistema parcelario**

Las parcelas de control que se tuvieron fueron las siguientes: cultivo de sorgo (tablas I y II). Las tablas fueron ubicadas en la sección 40 y 41, ubicadas en los predios. Matamoros Tres (III) y PP. Allende con una superficie correspondiente de 11.68 ha y 26.00 ha, el sistema de conducción para las tablas I y II, son de tierra, sin embargo al momento del riego todas se encontraron libre de malezas.

## Avances de Riego

El avance de riego se realizó principalmente en las parcelas de control. Se consideraron dos parcelas que como ya se mencionó están siendo aprovechadas con los cultivos de sorgo, a una densidad de siembra de 439 393, 428 571 pl/ha con un rendimiento de 53 y 52 ton/ha. El gasto promedio por riego de auxilio fue de 99.68 lps y se regaron dos parcelas, una de 26.0 ha (Tabla I) y una 11.68 ha (tabla II), en un tiempo de riego promedio de 127.05 horas, de esta forma los resultados se muestran en el cuadro 7, donde Qb es el gasto bruto o medido en la toma, antes de llegar a la parcela; Qn es el gasto que llega a la parcela o gasto neto; Tr es el tiempo de riego en horas; Lr B es la lámina de riego, que en realidad es una lámina que no es aplicada pero que su valor es importante en el balance de eficiencias; Lr N es la lámina de riego neta aplicada en la parcela.

**Cuadro 7.- Parcelas de seguimiento. Módulo VII, San Miguel.**

		Qb, (lps)	Qn, (lps)	Tr (hr)	Lr B,(cm)	Lr N, (cm)
<b>Presiembra</b>	I	123	106.0	170.4	29.0	25.0
	II	106	86.0	108.0	35.3	28.6
<b>1er Auxilio</b>	I	145	125.0	167.0	33.5	28.9
	II	118	93.0	101.0	36.7	29.0
<b>2do Auxilio</b>	I	135	114.5	159.0	29.7	25.2
	II	113	91.0	84.0	29.3	23.6
<b>3er Auxilio</b>	I	130	94.0	152.0	27.4	19.8
	II	103	88.0	75.0	23.8	20.3

### Operación de parcelas.

El proceso de la información del avance de riego, conduce al análisis de la operación de las parcelas, en el cual resulta el volumen de agua total utilizado en sus dos vertientes (bruta y neta, Vol B y Vol N; respectivamente) y la lámina de riego acumulada o lámina total aplicada, también en forma bruta (Lr B) y en forma neta (Lr N). Estos valores se pueden apreciar en el cuadro 8.

**Cuadro 8.- Operación de las parcelas de seguimiento.**

Tablas	Qb (lps)	Qn, (lps)	Lr B Acum (cm)	Lr N acum (cm)	Vol B (m <sup>3</sup> )	Vol. N (m <sup>3</sup> )
<b>I</b>	133	110	119.6	98.9	311 037	257 151
<b>II</b>	110	90	125.1	101.5	146 099	118 530
<b>Promedio</b>	122	100	122.0	100.0	228 568	187 841

Las características geométricas de las parcelas son útiles para definir el gasto unitario operado durante la fase del riego, ya que éste influye en la eficiencia del riego, es así, que un gasto unitario (Qu) máximo permisible conduce a una máxima eficiencia de aplicación del agua, los resultados logrados en esta fase se pueden observar en el cuadro 9.

**Cuadro 9.- Características hidráulico-geométricas de las parcelas de seguimiento.**

Tablas	Largo Melga (m)	Ancho Melga (m)	Pendiente (m/m)	No. Melgas regadas	Qu (lps/m)
I	175	23.0	-0.00037	2	2.39
II	148	14.5	-0.00099	2	3.09

**Análisis de la información**

En esta etapa el análisis se hace tomando en cuenta el proceso anterior, es decir, los resultados de las parcelas de control se proyectan hacia el módulo y se incide en forma global en todo el módulo, es importante resaltar que en este tenor la superficie que se tiene con el cultivo de sorgo representa el 62.5 por ciento (704.42 ha), de seis cultivos que se aprovechan en el estado de Coahuila. El análisis se inicia considerando alguna información base para la realización de inferencias a nivel de módulo, la cual se puede ver en el cuadro 10.

**Cuadro 10. Información base para análisis. Módulo VII, San Miguel.**

Información	Cantidad
Días de operación del riego por ciclo agrícola	105.0
Volumen programado al módulo en el ciclo (m <sup>3</sup> )	14 824 000.0
Caudal promedio parcelario (lps)	100.0
Longitud promedio de servicio (m)	580.0
N <sup>o</sup> de frentes de riego por evento	10.0
Promedio pérdidas de operación en regaderas parcelarias (lps)	5.1
Promedio pérdidas de operación en canales revestidos (lps)	33.0

En esta evaluación se desglosaron las pérdidas de operación y las aportaciones de agua hacia los canales. Se consideraron en promedio 3.26 lps por el caudal parcelario neto encontrado. Se realizaron algunos cálculos de salida utilizando la información base los cuales se presentan en el cuadro 11.

**Cuadro 11.- Comportamiento de los gastos hidráulicos y eficiencias. Módulo VII, San Miguel**

Información	Cantidad
Caudal promedio a nivel de punto de control en el módulo (lps)	1 634.0
Caudal promedio a nivel parcelario en el módulo (lps)	997.0
Pérdidas promedio de conducción (lps)	336.0
Pérdidas de operación en regaderas parcelarias (lps)	51.0
Pérdidas de operación en canales revestidos (lps)	33.0
Eficiencia de conducción total (%)	74.3

Se determinó el volumen a nivel de punto de control ( $V_r$ ) que se derivó a la parcela en el ciclo, volumen bruto ( $V_b$ ) determinado en las salidas de la tomas, volumen neto ( $V_n$ ) que entró a las parcelas y el volumen de evapotranspiración ( $V_{et}$ ) de los cultivos, estos resultados se pueden ver en el cuadro 12.

**Cuadro 12.- Volumen a diferentes niveles de operación. Módulo VII, San Miguel.**

Tablas	$V_r$ ( $m^3/ha$ )	$V_b$ ( $m^3/ha$ )	$V_n$ ( $m^3/ha$ )	$V_{et}$ ( $m^3/ha$ )
I	13 277	11 963	9 890	6 100
II	13 663	12 508	10 148	6 100
Promedio	13 470	12 236	10 019	6 100

De los volúmenes aplicados y superficies aprovechadas, surgen las láminas aplicadas en sus diferentes niveles de operación, dichos valores se pueden consultar en el cuadro 13.

**Cuadro 13. Láminas a diferentes niveles de operación, Módulo VII, San Miguel.**

<b>Tablas</b>	<b>Lr (m)</b>	<b>Lb (m)</b>	<b>Ln (m)</b>	<b>Et (m)</b>
I	1.33	0.30	0.25	0.61
II	1.37	0.31	0.25	0.61
Promedio	1.35	0.31	0.25	0.61

Respecto a los parámetros de comportamiento indican una eficiencia de aplicación (Efa) del 61 por ciento, una eficiencia de requerimiento (Ef req) de 100 y una eficiencia en el uso del agua (Efua) del 45 por ciento (cuadro 14).

**Cuadro 14. Parámetros de comportamiento, Módulo VII, San Miguel.**

<b>Tablas</b>	<b>Efa (%)</b>	<b>Ef req (%)</b>	<b>Efua (%)</b>
I	62	100	46
II	60	100	45
Promedio	61	100	45

Con el fin de determinar las pérdidas de agua en la parcela, se calcularon los componentes del balance hidrológico en m<sup>3</sup>/ha. En el cuadro 15 se presentan los valores para dichos componentes, en donde se puede observar que en promedio se derivan (Vr) a la parcela 13 470 m<sup>3</sup>/ha, de los cuales 3 451, 3 919 y 6 100 se pierden por conducción (Vpercond), percolación profunda (Vperapl) y por evapotranspiración (Vpet) de los cultivo, respectivamente. Para el cálculo de la evapotranspiración, se consideraron los valores de ETx (sorgo, 61 cm), valor reportado por Godoy (1990). En el mismo cuadro 15, se observa el volumen de

pérdida por conducción ( $V_{\text{percond}}$ ), 3,451 m<sup>3</sup>/ha lo cual representa el volumen por derivar a nivel de punto de control de módulo para que lleguen a la parcela 10,019 m<sup>3</sup>/ha.

**Cuadro 15.- Componentes de Balance Hidrológico.**

Tablas	Vr (m <sup>3</sup> /ha)	Vpercond (m <sup>3</sup> /ha)	Vperapl (m <sup>3</sup> /ha)	Vpet (m <sup>3</sup> /ha)
I	13 277	3 387	3 790	6 100
II	13 663	3 515	4 048	6 100
Promedio	13 470	3 451	3 919	6 100

Respecto a la relatividad de los componentes del balance hidrológico, en el cuadro 16 se observa que de cada 100 unidades que se derivan del punto del control a nivel de módulo, 26, 29 y 45 se pierden por conducción, percolación profunda y evapotranspiración respectivamente.

**Cuadro 16. Relatividad de los componentes del balance hidrológico, Módulo VII, San Miguel.**

Tablas	Vr (%)	Vpercond (%)	Vperapl (%)	Vpet (%)
I	100	26	29	46
II	100	26	30	45
Promedio	100	26	29	45

La información indica que de 100 unidades entregadas al módulo el 26, 29 y 45 se pierden por conducción, percolación profunda y evapotranspiración de los cultivos. En ese orden se aprecia la necesidad de realizar inversiones en la red de canales y el 29 por ciento indica la necesidad de capacitación a los regadores y transferencia de tecnología para el mejoramiento parcelario.

## **Actividades de gabinete**

En las actividades de gabinete se realizaron los reportes de aforo, se capturaron los aforos en el sistema de cómputo para calcular las eficiencias de conducción en los canales y se generaron los polígonos de superficie en base a las coordenadas que se obtuvieron previamente con el GPS y se identificaron cada uno de los polígonos de acuerdo al cultivo que en ellos se establecieron, dando como resultado un mosaico de cultivos.

## **8.2 Transferencia de tecnología**

Con el análisis del diagnóstico obtenido se puede notar claramente la falta de tecnología que existe, tanto para los usuarios del módulo como para el personal técnico que aquí labora.

Debido a esta problemática, hubo la necesidad de llevar a cabo cursos de capacitación a los usuarios del módulo VII “San Miguel” sobre la utilización e importancia de aparatos que facilitan la medición tanto de las superficies de riego como de los gastos de agua en los canales.

## **Curso-taller de GPS**

Este curso consistió en enseñarle a los productores y personal técnico del módulo, la forma detallada como utilizar el GPS para realizar las mediciones de sus predios, además de cómo georeferenciarlos en mapas, de esta manera ellos

podrían tener un control y conocimiento de la superficie que realmente tienen de cultivo en sus parcelas.

Dentro del curso se les enseñó a usar el GPS, así como las situaciones en las que se puede utilizar: medición de superficies, medición de distancias, delimitación de terrenos, georefenciar puntos a través de coordenadas.

Como práctica se les proporciono un aparato para que cada uno pudiera realizar una actividad de su interés, quedando ellos conformes con los resultados obtenidos, figura 6.



**Figura 6. Curso de GPS**

### **7.2.2 Digitalización de Información**

Se entregaron al modulo de riego VII “San Miguel” mapas con la información recabada durante la realización de este trabajo (fig. 7).

Los mapas entregados contienen los polígonos de cada una de las parcelas que recibieron riegos con agua del rio Nazas, además de mosaico de cultivos establecidos en el modulo, así como la red hidráulica que abastece dicho modulo de riego.



**Figura 7. Digitalización y Entrega de archivos al gerente del modulo XIV “Santa Teresa”**

## **VIII. CONCLUSIONES**

Con los resultados obtenidos en este trabajo podemos afirmar que la mala operación del módulo se debe a diversas situaciones las cuales se describen a continuación:

- Estructuras de control en mal estado (compuertas y represas que no sellan) y en algunos casos la falta de estos.
- Baja eficiencia de conducción principalmente en acequias de tierra y regaderas interparcelarias.
- Canales con lozas quebradas, con azolve o basura.
- Baja eficiencia de aplicación (mal manejo del agua por parte de los regadores).
- Mala administración de los recursos del módulo

## **IX. RECOMENDACIONES**

Para terminar el proceso de transferencia, es necesario que las organizaciones de usuarios de riego cuenten con su “Plan Estratégico”, que les permitan encausar sus decisiones a corto, mediano y largo plazo, en una sola visión. En la actualidad ningún modulo de riego cuenta con el plan estratégico. Para mejorar la sustentabilidad de los sistemas de riego, es necesario mejorar la autogestión, por lo que se recomienda que los estudios futuros se enfoquen a medir la capacidad autogestora de las “asociaciones de usuarios”. Otra inquietud observada en los usuarios, es la necesidad de operar los sistemas de riego a niveles más altos, es decir, de operar los canales principales, es evidente que la mayoría de los usuarios dentro de este módulo de riego, perciben en la actualidad a la C.N.A. como una entidad de cohesión, sin embargo, éste comportamiento limita el fortalecimiento de la autogestión; motivo por el cual es necesario preguntarse porque aún no se forman las Sociedades de Responsabilidad Limitada para operar la Red Mayor de canales.

Con respecto a los sistemas de riego evaluados en el modulo VII “Santa Teresa” se sugiere realizar las siguientes acciones:

1. Implementar un programa capacitación hacia los tomadores de decisiones y técnicos del módulo, sobre un mejor control y uso del agua de riego.
2. Partiendo del objetivo de la transferencia de los sistemas de riego a los usuarios, que es el desarrollo y aplicación de la capacidad de autogestión de los mismos, la capacitación deberá de ir desde la visión empresarial (desarrollo vertical) hasta la integral (desarrollo horizontal). Los temas a

cubrir en tal capacitación podrían ser los siguientes: Planeación estratégica, mantenimiento y operación de los sistemas comunitarios (para técnicos y usuarios), organización de usuarios, desarrollo del concepto de cuencas hidrológicas, etc.

3. Implementar un programa urgente de rediseño y rehabilitación de los sistemas de conducción interparcelarios, así como de rehabilitación de la red de canales de conducción de agua.
4. Implementar un programa de mejoramiento en el manejo del agua de riego a nivel parcelario, el cual deberá de contemplar la definición de la longitud, ancho, pendiente y caudal en función de las características propias de la parcela.
5. Con el fin de que exista un criterio de mejora continua, hacia la calidad total en el servicio al usuario, el modulo deberá de implementar la infraestructura necesaria de medición y control del agua de riego, para que a futuro, se aplique un criterio de entrega por volumen.

## **X. LITERATURA CITADA**

**Catalán V. E. 1998.** Guía de Riego (Caso Región Lagunera). CENID-RASPA-INIFAP

**Huerta, S. B. 2006.** Diagnostico y alternativas para el manejo eficiente de la agua de riego en predios de la Comarca Lagunera. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila: 66 p.

**Hunt, R. C.1997.** Sistemas de riego por canales: tamaño del sistema y estructura de la autoridad. En Antología sobre pequeño riego. Martínez Saldaña Tomas y Palerm Viqueira Jacinta, (editores). Colegio de Posgraduados, México.

**PALACIOS, V. E.,** "Técnicas para la evaluación y mejoramiento de la operación de los distritos de riego", Tesis de Maestría, Colegio de Posgraduados. Chapingo, México, 1972.

**PALACIOS, V. E. y EXEBIO, G. A.,** Introducción a la Teoría de la Operación de Distritos y Sistemas de Riego. Edit. Colegio de Posgraduados, Montecillo, México, 1989. <http://www.chapingo.mx/anei/CongIntSistRiego.htm>

**Palerm Viqueira, J. 1999** "Organizaciones autogestoras para la administración de sistemas de riego" Ponencia presentada en el Taller internacional transiciones en materia de tenencia de la tierra y cambio social, instituciones, organizaciones e innovaciones en torno a los recursos naturales, tierra, agua y bosques. CIESAS-IRD. México.

**Playán, E., Faci, J. M. y Serreta, A. (1996).** "Modeling microtopography in basin irrigation." *J. Irrig. and Drain. Engrg., ASCE*, 122(6), 339-347.

**Ramírez, H. E. 2002.** Análisis de escenarios basados en un modelo de simulación para el diseño de un sistema de riego por superficie. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro unidad Laguna. Torreón, Coahuila: 55 p.

**Rendón, et al. 1990.** Diseño simplificado de riego por gravedad. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec Morelos, México.

**Skogerboe, G.V., and G.P. Merkley. 1996.** Irrigation Maintenance and Operations Learning Process. Water Resources Publications, LLC, Highlands Ranch, Colorado. 358 pp.

**Walker W. R. and Skogerboe V. G. 1987.** Surface Irrigation: "Theory and Practice". Prentice –Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

**Walker W. R. 1989.** Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. FAO. Irrigation and Drainage Paper 45, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.