



# **COORDINACIÓN DE RIEGO Y DRENAJE**

## **SUBCOORDINACIÓN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA**

Informe Final del Proyecto Interno  
RD-1311.1

### **MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE REDES ENTUBADAS DE RIEGO**

**M.I. RAFAEL ESPINOSA MÉNDEZ**  
*Jefe de Proyecto*

**M.C. JUAN MANUEL ÁNGELES HERNÁNDEZ**  
**M.I. MARIO A. MONTIEL GUTIÉRREZ**  
**M.C. EFRÉN PEÑA PEÑA**  
**M.C. JOSÉ RAMÓN LOMELÍ VILLANUEVA**  
*Participantes*

**Jiutepec, Morelos, 2013**

## Directorio

### Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

*Director General*

M.I. Víctor Javier Bourguett Ortíz

*Coordinador de Tecnología de Riego y Drenaje*

Dr. Nahún Hamed García Villanueva

*Subcoordinador de Operación y Mantenimiento de Infraestructura Hidroagrícola*

Dr. Arturo González Casillas

*Jefe de Proyecto*

M.I. Rafael Espinosa Méndez

## CONTENIDO

<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVO .....</b>	<b>2</b>
<b>III. RESULTADOS ESPERADOS .....</b>	<b>3</b>
<b>IV. METODOLOGÍA .....</b>	<b>4</b>
<b>V. DESARROLLO .....</b>	<b>5</b>
5.1 Revisión bibliográfica .....	5
5.2 Índice maestro y encuestas de diagnóstico .....	10
5.3 Visitas técnicas.....	14
5.4 Integración y análisis de información .....	17
<b>VI. RESULTADOS .....</b>	<b>20</b>
<b>VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>21</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

5.1 Páginas WEB consultadas.....	6
5.2 Visitas técnicas a las organizaciones de usuarios de riego .....	15

## ÍNDICE DE FIGURAS

5.1 Búsqueda de información en el CENCA del IMTA.....	8
5.2 Resultados de búsqueda en bases de datos internacionales .....	8
5.3 Resultados de búsqueda en bibliotecas.....	9
5.4 Resultados de búsqueda: Presentaciones de empresas .....	9
5.5 Encuesta para “Usuarios”.....	13
5.6 Hoja de cálculo para el análisis de información de las encuestas .....	14
5.7 Captura de encuestas .....	18
5.8 Manual sobre “Operación y mantenimiento de redes entubadas de riego” .....	19

## ÍNDICE DE FOTOS

5.1 Aplicación de encuestas.....	16
5.2 Recorridos de campo .....	17

## I. ANTECEDENTES

En México existen 85 Distritos de Riego (DR) y alrededor de 39,492 Unidades de Riego (UR), que cuentan con infraestructura hidroagrícola para la distribución del agua a las zonas de cultivo. Únicamente en los DR se tiene una longitud de 57,742 km de canales en donde se estima una eficiencia de conducción promedio del 60%; parte de la problemática de esta infraestructura son las fuertes pérdidas de agua ya que la mayor parte de los canales se encuentran excavados en tierra, falta de mantenimiento, infestación de maleza, presencia de basura, altos costos de operación y mantenimiento, entre otros.

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para promover el uso eficiente del agua ha implementado en los Programas de Rehabilitación y Modernización de las zonas de riego acciones estructurales como el revestimiento o entubamiento de las redes de conducción y distribución de las zonas de riego. Paulatinamente el entubamiento de los canales en las zonas de riego ha tenido un incremento significativo, derivado de la disminución de los costos de adquisición e instalación, la durabilidad y principalmente por la optimización de la conducción y distribución del agua de riego, en donde se alcanzan eficiencias de conducción de hasta el 98%.

En este contexto, durante el año 2011, la Coordinación de Riego y Drenaje del IMTA, desarrolló el proyecto interno RD-1105.1 “Estado del arte sobre operación y mantenimiento de redes entubadas de riego”, elaborándose un documento que en una reunión de trabajo en Guadalajara, Jal. en el 2012, fue revisado por técnicos de instituciones (Asociación Nacional de Usuarios de Riego, Colegio de Posgraduados, Universidad Autónoma Chapingo, Comisión Nacional del Agua, etc.), técnicos de empresas que fabrican tuberías y directivos de las instituciones mencionadas, quienes expresaron valiosas opiniones para reestructurar y complementar dicho documento.

Con la finalidad de culminar las observaciones de dicha reunión de trabajo, en el presente año se desarrolló el proyecto interno denominado “Manual de operación y mantenimiento de redes entubadas de riego”, que sin duda, será una herramienta de consulta del personal técnico de las instituciones, universidades y especialmente de las organizaciones de usuarios que operan directamente la infraestructura de riego.

## II. OBJETIVO

- Manual de operación y mantenimiento de redes entubadas de riego editado con las observaciones realizadas en la reunión de Guadalajara.

### III. RESULTADOS ESPERADOS

- Manual de operación y mantenimiento de redes entubadas de riego editado con las observaciones realizadas en la reunión de Guadalajara.

## IV. METODOLOGÍA

1. Reestructuración del índice del documento maestro y asignación de cargas de trabajo con los colaboradores.
2. Revisión bibliográfica sobre operación y mantenimiento de redes entubadas de agua de riego, en donde se consultarán bases de información nacional e internacional, documentales y bibliotecas de los principales centros de estudios e investigación del país, etc. Se revisará y complementará la encuesta sobre instalación, operación y mantenimiento de tuberías
3. Visitas técnicas a DR representativos para obtener información documental, testimonial, fotográfica y de video sobre la problemática y perspectivas en la operación y mantenimiento de las redes entubadas incluyendo su costo de instalación, operación y mantenimiento. Se aplicarán las encuestas de diagnóstico a personal técnico operativo de los DR y Asociaciones Civiles de Usuarios (ACU).
4. Integración y análisis de la información bibliográfica y de campo para elaborar el documento maestro con base en el índice definido. Se analizarán las encuestas para definir el grado de detalle de cada tema del índice.
5. Revisión, corrección de estilo y edición del documento maestro.
6. Informe final donde se indiquen los resultados del proyecto.



## V. DESARROLLO

### 5.1 Reestructuración del índice del documento maestro y asignación de cargas de trabajo con los colaboradores.

Se realizaron reuniones de trabajo con los colaboradores seleccionados por el jefe de proyecto, en donde se revisaron detalladamente las observaciones y recomendaciones de los participantes en la reunión de trabajo de Guadalajara, Jal. en el año 2012 y para dar formalidad a los acuerdos, se levantaron las minutas de trabajo respectivas.

En el cuadro 5.1 se muestran los responsables de cada capítulo del documento maestro.

MINUTA INTERNA  
No. 03 Fecha: 17 de abril de 2013 Hoja \_\_\_ de \_\_\_  
Lugar: Sala de juntas de la Subcoordinación de Operación y Mantenimiento de Infraestructura Hidroagrícola del IMTA.  
Proyecto RD-1311.1: Manual de operación y mantenimiento de redes entubadas de riego  
Jefe de proyecto: M.I. Rafael Espinosa Méndez  
Orden del día: - Lista de asistencia  
- Definición del contenido de encuestas.  
- Programación final de salidas técnicas.  
LISTA DE ASISTENCIA  
Efrén Peña Peña  
Juan Manuel Angeles Hernández  
Ramón L. Lomelí Villanueva  
Rafael Espinosa Méndez  
DESARROLLO DE LA REUNIÓN  
Se procedió conforme al Orden del día en donde se entregó por parte del Jefe de proyecto el contenido final de las encuestas de técnicos y directivos para obtener información de campo en las unidades y distritos de riego. Se aclararon las dudas señaladas por los colaboradores.  
www.inta.gob.mx

Figura 5.1. Minuta de trabajo

Cuadro 5.1 Asignación de capítulos del documento maestro

Cap.	Nombre	Responsables
1	Red entubada colectiva de riego	M.C. Efrén Peña Peña
2	Materiales de redes entubadas y sus dispositivos	M.I. Mario A. Montiel Gutiérrez M.C. Juan M. Ángeles Hernández
3	Elementos de un proyecto de entubamiento	M.C. Efrén Peña Peña
4	Instalación de tuberías	M.I. Rafael Espinosa Méndez
5	Operación de redes entubadas	M.I. Mario Montiel Gutiérrez M.C. Juan M. Ángeles Hernández
6	Planeación del mantenimiento de una red entubada	M.C. José R. Lomelí Villanueva
7	Mantenimiento de una red entubada y sus dispositivos	M.I. Rafael Espinosa Méndez
8	Costos de operación y mantenimiento de redes entubadas	M.C. José R. Lomelí Villanueva M.I. Rafael Espinosa Méndez

El índice temático del documento maestro es el siguiente:

**1. Red entubada colectiva de riego.**

- 1.1 Generalidades.
- 1.2 Tipos de redes.
  - 1.2.1 Clasificación de redes por funcionamiento.
  - 1.2.2 Clasificación de redes por servicio de riego.
- 1.3 Tipos de entubamiento.
  - 1.3.1 Entubado operando como canal.
  - 1.3.2 Red entubada con energía potencial.
  - 1.3.3 Red entubada con bombeo.
- 1.4 Tomas parcelarias.
  - 1.4.1 Toma parcelaria con descarga a la atmósfera.
  - 1.4.2 Toma parcelaria de baja presión.
  - 1.4.3 Toma parcelaria de alta presión.

**2. Materiales de redes entubadas y sus dispositivos.**

- 2.1 Tuberías.
  - 2.1.1 Tubería de cloruro de polivinilo.
  - 2.1.2 Cloruro de polivinilo biorientado dúctil (PVC-O).
  - 2.1.3 Polietileno de alta densidad (PEAD).
  - 2.1.4 Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)
  - 2.1.5 Acero.
  - 2.1.6 Concreto simple.
  - 2.1.7 Concreto reforzado.
  - 2.1.8 Asbesto-cemento.
  - 2.1.9 Hierro dúctil.
- 2.2 Estructuras y sus dispositivos.
  - 2.2.1 Estructuras o dispositivos de regulación.
  - 2.2.2 Estructuras o dispositivos de protección.
  - 2.2.3 Estructuras o dispositivos de cruce.
  - 2.2.4 Estructuras o dispositivos de medición.

**3. Elementos de un proyecto de entubamiento.**

- 3.1 Memoria descriptiva.
  - 3.1.1 Información general.
  - 3.1.2 Fuente de abastecimiento y obra de aprovechamiento.
- 3.2 Memoria de cálculo.
- 3.3 Planos.
- 3.4 Catálogo de conceptos de obra.
- 3.5 Especificaciones técnicas.
- 3.6 Instructivo de operación y mantenimiento.

**4. Instalación de tuberías**

- 4.1 Tuberías de asbesto-cemento.
- 4.2 Cloruro de polivinilo (PVC).
- 4.3 Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV).
- 4.4 Polietileno de alta densidad (PEAD).
- 4.5 Hierro dúctil.
- 4.6 Instalación de dispositivos.

#### 4.7 Otras consideraciones de instalación

### 5. Operación de una red entubada.

- 5.1 Generalidades.
- 5.2 Planeación de la operación.
- 5.3 Programación para la distribución del agua.
  - 5.3.1 Método de demanda controlada o pedido programado.
    - 5.3.1.1 Programa de riego por hidrante.
    - 5.3.1.2 Programa de riego por línea.
    - 5.3.1.3 Programa de riego por módulo o distrito de riego.
- 5.4 Operación de la red entubada.
  - 5.4.1 Consideraciones generales.
  - 5.4.2 Operación de redes a baja y alta presión.
    - 5.4.2.1 Operación de una red conectada a un canal.
    - 5.4.2.2 Operación de una red conectada a una presa de almacenamiento derivadora a descarga presurizada.
  - 5.4.3 Regulación de la presión.
  - 5.4.4 Problemas especiales en la operación de redes entubadas.
- 5.5 Medición del agua.
  - 5.5.1 Dispositivos con sensor de velocidad.
  - 5.5.2 Aforo en tuberías de multicompuertas.
- 5.6 Seguimiento y evaluación de la operación.
- 5.7 Perfil del personal de operación.

### 6. Planeación del mantenimiento de una red entubada.

- 6.1 Generalidades.
  - 6.1.1 Deterioro de tuberías.
  - 6.1.2 Fuerzas y esfuerzos que actúan en la tubería.
  - 6.1.3 Corrosión en tuberías de metal.
- 6.2 Mantenimiento de tuberías y sus dispositivos.
  - 6.2.1 Conceptos de trabajo.
  - 6.2.2 Inventario de infraestructura.
  - 6.2.3 Diagnóstico y cuantificación de cantidades de obra.
  - 6.2.4 Tiempo de ejecución de los trabajos.
  - 6.2.5 Necesidades de maquinaria, equipo y personal.
  - 6.2.6 Programa de mantenimiento y conservación.
  - 6.2.7 Seguimiento y evaluación de los trabajos.
  - 6.2.8 Perfil del personal de mantenimiento.
  - 6.2.9 Supervisión.
- 6.3 Uso de bitácora para la operación y mantenimiento de una red entubada.
  - 6.3.1 El supervisor.
  - 6.3.2 La bitácora (informe de supervisión).

### 7. Mantenimiento de una red entubada de riego y sus dispositivos.

- 7.1 Generalidades.
- 7.2 Técnicas de reparación de tuberías.
  - 7.2.1 Recubrimientos no estructurales.
    - 7.2.1.1 Recubrimientos con mortero-cemento.
    - 7.2.1.2 Recubrimientos con resina epóxica.

- 7.2.1.3 Recubrimientos blandos.
- 7.2.2 Recubrimientos estructurales.
  - 7.2.2.1 Recubrimientos con manguera ajustable.
  - 7.2.2.2 Métodos de revestimiento deslizable.
  - 7.2.2.3 Revestimiento con rodillos corredizos.
- 7.3 Técnicas de reemplazo de tuberías.
  - 7.3.1 Métodos hydros “extracción hidráulica de tubos”.
  - 7.3.2 Métodos de extracción de tubos de servicio.
  - 7.3.3 Proceso tubo dentro de tubo.
  - 7.3.4 Proceso de fracturamiento (tubo a tubo).
- 7.4 Técnicas de limpieza de tuberías.
  - 7.4.1 Limpieza hidráulica.
  - 7.4.2 Cepillado de tuberías.
  - 7.4.3 Limpieza con aire.
  - 7.4.4 Raspado de tuberías.
- 7.5 Técnicas de control de corrosión.
- 7.6 Mantenimiento de tuberías, estructuras y dispositivos de redes entubadas en zonas de riego de México.
  - 7.6.1 Mantenimiento y rehabilitación de tuberías.
    - 7.6.1.1 Reparación de fugas.
    - 7.6.1.2 Cambio de tubería por rotura.
    - 7.6.1.3 Desazolve.
    - 7.6.1.4 Taponamiento.
    - 7.6.1.5 Aplicación de pinturas o resinas.
  - 7.6.2 Mantenimiento y rehabilitación de estructuras y dispositivos.
    - 7.6.2.1 Cambio de empaques, componentes y dispositivos.
    - 7.6.2.2 Desazolve.
    - 7.6.2.3 Extracción de basura y maleza.
    - 7.6.2.4 Mantenimiento de rejillas.
    - 7.6.2.5 Aplicación de pinturas, resinas y grasas.
    - 7.6.2.6 Rehabilitación de obra civil.
    - 7.6.2.7 Limpieza de dispositivos (válvulas).
- 8. Costos de operación y mantenimiento en redes entubadas.**
  - 8.1 Generalidades.
  - 8.2 Estimación de costos (presupuestos) de operación y mantenimiento.
  - 8.3 Precios unitarios.
  - 8.4 Estimación de la cuota de operación y mantenimiento.
    - 8.4.1 En función de la superficie.
    - 8.4.2 En función del volumen de agua utilizado.

## 5.2 Revisión bibliográfica

Se procedió a realizar el trabajo de gabinete, consistente en la búsqueda de información que se centró en las siguientes fuentes:

- a) Primarias editadas: Libros, revistas especializadas, normas, patentes, etc.
- b) Primarias inéditas: Tesis, informes científico-técnicos (informes de proyectos), etc.

c) Secundarias: Catálogos de bibliotecas, bases de datos factuales, referenciales y/o de texto completo a nivel nacional e internacional, etc.

d) Información científica en línea: Utilización de buscadores de información en Internet, bibliotecas nacionales, universitarias, especializadas, digitales, etc.

Específicamente los sitios y fuentes de información consultadas fueron:

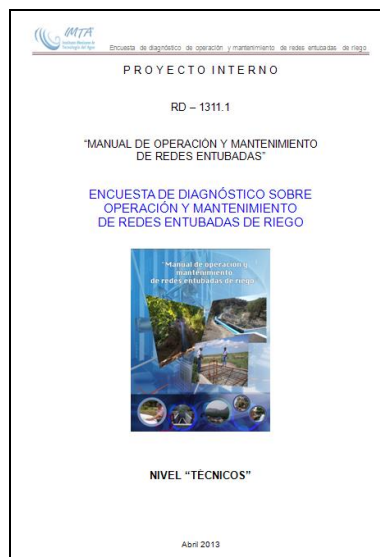
● Bibliotecas

- Centro de Consulta del Agua del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Bibliotecas departamentales de irrigación, fitotecnia, suelos, maquinaria agrícola y biblioteca central de la Universidad Autónoma Chapingo.
- Bibliotecas de la Facultad de Ingeniería y Central de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Biblioteca central del Colegio de Posgraduados.

● Internet

### 5.3 Visitas técnicas a UR, DR y empresas

Para facilitar la adquisición de información de campo, se revisaron y adaptaron las encuestas de diagnóstico para directivos y técnicos de las organizaciones de usuarios (figura 5.1). *Anexo digital A.D.1 Encuestas.*



a) Portada

**FICHA TÉCNICA**

A. Superficie y Usuarios

Nivel	Superficie (ha)		Usuarios	
	Ejidal	Pequeña propiedad	Ejidatarios	Pequeños propietarios
Distrito de Riego				
Módulo de Riego				
Con el entubamiento				

B. Infraestructura

Nivel	Fuente de abastecimiento			Longitud canales (km)	
	Pozo	Fiesta	Mulo	Bueno	Regular/ Malo
Distrito de Riego					
Módulo de Riego					
Del entubamiento					

C. Entubamiento

Díametro (pulg)	Longitud (km)	Tipo de tubería	Costos		Costo de operación (c/a)		
			\$/km	\$/ha	Mínimo	Medio	Máximo

D. Fecha de inicio de operación de la red entubada: \_\_\_\_\_

b) Ejemplo de contenido

Figura 5.1 Encuesta para “Técnicos”

En reuniones de trabajo se planearon las visitas técnicas a zonas de riego representativas de la problemática en operación y mantenimiento de redes entubadas. En el cuadro 5.2 se muestran las organizaciones de usuarios visitadas.

Cuadro 5.2 Visitas técnicas a las organizaciones de usuarios de riego

Distrito de Riego	Organización de Usuarios	Estado
034 Estado de Zacatecas	"Asociación de Usuarios de la Presa Leobardo Reynoso", A.C.	Zacatecas
	"Módulo 4 Presa Ing. Julián Adame Alatorre", A.C.	
	"Asociación de usuarios de la presa Excámé 03" A.C.	
	"Módulo de Riego Santa Rosa"	
038 Río Mayo	"Unión de Usuarios Productores Agrícolas de la Unidad de Riego para el Desarrollo Rural Fuerte Mayo", A.C.	Sonora
041 Río Yaqui	"AUPA de la Sección de Riego DOS", A.C.	
	"AUPA del Módulo 4P4", A.C.	
052 Estado de Durango	"AUPA del Módulo de la Sección de Riego K-68", A.C.	Durango
	"Asociación Civil de Usuarios del Módulo I de la Unidad Francisco Villa del Distrito de Riego 052 del Estado de Durango", A.C.	
	"Presa Francisco Villa", A.C.	
	"Módulo III Guadalupe Victoria del Distrito de Riego 052", A.C.	
	"Asociación Civil de Usuarios de la Unidad Peña del Águila del Distrito de Riego Módulo IV del Estado de Durango", A.C.	
-	"Asociación de Productores de la Unidad de Riego Santiago Bayacora del Estado de Durango" A.C.	Aguascalientes
	Sociedad de Responsabilidad Limitada "Usuarios de Riego del Valle de Huajucar" de I.P. de C.V.	

Se entrevistaron directamente a los técnicos y directivos de las Organizaciones de Usuarios (foto 5.1), así como a los técnicos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Se realizaron recorridos de campo para conocer la problemática de operación de las redes entubadas (foto 5.2).



Foto 5.1 Aplicación de encuestas



DR 038 Río Mayo



DR 041 Río Yaqui



DR 052 Estado de Durango



UR Calvillo, Zac.

Foto 5.2 Recorridos de campo

Por otra parte para complementar la información técnica de las tuberías, se realizaron visitas técnicas a las empresas fabricantes de tuberías (foto 5.3).



Fabricación de tubería



Fabricación de piezas especiales

Foto 5.3 Empresa Valtic, S.A. de C.V.

## 5.4 Integración y análisis de información

Para concentrar y analizar la información de las encuestas se elaboraron hojas de cálculo para cada nivel de aplicación (figura 5.6).

No.	Distrito de Riego	Módulo de Riego o Unidad de Riego	Nombre del Encuestado	Cargo	Inst
1	052 Estado de Durango	Módulo de Riego II	Manuel Vega Morán	Presidente	Presidencia Unidad Francisco
2	052 Estado de Durango	Módulo de Riego III Guadalupe Victoria	Ing. Mario Flores Grecia	Gerente Técnico	Lic. Humberto Duarte Sa
3	052 Estado de Durango	Módulo de Riego IV	Jesús Manuel Villanueva Miranda	Presidente del Consejo Directivo	
4	052 Estado de Durango	V Santiago Bayacora	Ing. Víctor Manuel Cassio Stenner	Presidente del Consejo Administrativo	Asociación de Productores
5	052 Estado de Durango	Módulo I Unidad Francisco Villa	Apolinar Alvarez Galindo	Presidente del Módulo	
6	034 Estado de Zacatecas	Módulo Excame 03	Antonio de Jesús Sánchez N.	Gerente Técnico	
7	034 Estado de Zacatecas	Módulo de Riego 1 Leobardo Reynoso	Enrique Méndez Palacios, Francisco	Presidente de Vigilancia y Secretario	Instituto Mexicano de Tec
8	034 Estado de Zacatecas	Módulo de Riego 1 Leobardo Reynoso	David Ramos Olmos	Presidente	
9	034 Estado de Zacatecas	Módulo Excame 03	Ing. Rogelio Cid García	Presidente	Asociación de Usuarios c
10	034 Estado de Zacatecas	Presidencia Ing. Julián Adame Alatorre	José Mina Romo Zornila	Presidente	Asociación de Usuarios c
11	034 Estado de Zacatecas	Presidencia El Cigüé	José de Jesús Tiscareño	Tesorero	Asociación de la Presa e
12	038 Río Mayo	Unidad de Riego 2 Zona Fuerte Mayo	Ing. Francisco Coronel Lomas	Tesorero	
13	078 El Carrizo y 038 Navojoa	Módulo Fuerte Mayo	Ramón Pérez Sejudo	Secretario	Unión de Usuarios Produ
14	041 Valle del Yaqui	Módulo de Riego 4P4	Eulogio Rubalcaba Pérez	Presidente del Consejo	

Figura 5.6 Hoja de cálculo para el análisis de información de las encuestas



Se capturaron las encuestas de información obtenidas en las visitas técnicas (foto 5.3), posteriormente se registró la información en las hojas de cálculo para su análisis y complementar el desarrollo del Manual sobre **“Operación y Mantenimiento de Redes Entubadas de Riego”**.

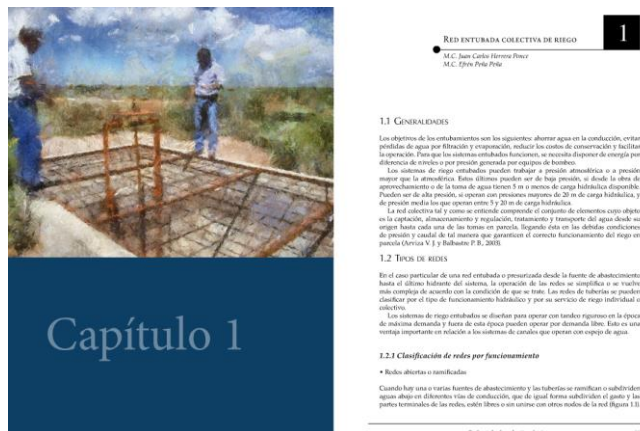
Finalmente, se realizó la revisión de estilo y edición del Manual (figura 5.8). Se anexa manual sobre **“Operación y Mantenimiento de Redes Entubadas de Riego”**.

## VI. RESULTADOS

Se desarrollo el manual sobre “Operación y Mantenimiento de Redes Entubadas de Riego” para la impresión en papel, además de la versión en computadora que permite la manipulación del documento (figura 6.1).



a) Portada



b) Capítulo No. 1

Figura 6.1 Versión PDF del manual

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las técnicas y procedimientos de operación y mantenimiento contenidos en el Manual, son aplicables a la mayor parte de las zonas de riego de México que cuentan con redes entubadas de riego.
- Con fines de capacitación, se sugiere elaborar un video sobre “Operación y Mantenimiento de Redes Entubadas”.