

DESARROLLO DE UN SOPORTE INFORMATICO PARA LA GESTION DE LA CONSERVACION DE REDES DE RIEGO

N.Ciancaglini^{1y2}; C. Schilardi^{1y3}; F. Tozzi¹; G. Ortiz Maldonado^{1y3}; E. Rearte¹; L. Rodríguez Plaza¹; L. Atencio¹ y J. Zuleta³

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

² INA-CRA, Mendoza, Argentina.

³ Departamento General de Irrigación, Mendoza, Argentina.

Dirección: Almirante Brown 500; Chacras de Coria (5507), Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina.

hidrologia@fca.uncu.edu.ar - sip@irrigacion.gov.ar

RESUMEN

Los Sistemas de Información Geográficos (SIG) pueden ser utilizados como una valiosa herramienta para la programación, control, evaluación de trabajos, eficiencias y costos en la conservación de sistemas de riego, analizando en forma eficiente toda la información geográfico-estadística que las zonas de riego brindan, logrando que cada peso invertido en la conservación de la infraestructura de riego, tenga un criterio racional y sustentable con la finalidad de obtener el mayor beneficio en la productividad al implementarlos.

Se estableció una metodología de toma de datos a campo de la infraestructura de riego y se estructuró una base de datos para la conformación de un Sistema de Información Geográfico aplicado a la programación, control y evaluación de trabajos, eficiencias y costos sobre Conservación de Sistemas de Riego.

La precisión que se obtuvo de navegadores satelitales utilizados para la identificación geográfica de obras de infraestructura de riego fue de entre 15 a 30 metros. Dicha información sirve para una ubicación general de las mismas y no puede ser utilizarla para la digitalización de la infraestructura de riego dentro del GIS. En forma práctica se obtuvieron mejores resultados esquematizando la infraestructura de riego sobre una base cartográfica bien georeferenciada.

A futuro se pretende implementar un modelo sobre conservación de sistemas de riego y drenaje que se encarará en lenguaje Visual Basic.

Palabras clave: Sistema de Riego, Conservación, Mantenimiento, Soporte Informático

INTRODUCCIÓN

Se sabe que la superficie regada mundial debe haber superado las 250 millones de hectáreas (FAO, 1973, 1979) y se piensa que a finales del siglo es probable que superen las 300 millones de hectáreas. La agricultura bajo riego representa solo un 13% de la superficie total con tierra arable y sin embargo contribuye con el 34% del volumen total producido de alimentos. De allí la importancia que tiene el riego en la producción de alimentos.

Entre los mayores problemas detectados en los sistemas de riego se han encontrado fundamentalmente los que están orientados a una deficiente operación y conservación de los mismos. La mayor parte de los proyectos de riego no prevén que debe instruirse adecuadamente al personal que lo va a operar y conservar posteriormente. El personal no conoce las normas y procedimientos más económicos para mantener y conservar la infraestructura de riego y de drenaje.

Por otra parte, las autoridades gubernamentales generalmente tienen un punto de vista erróneo sobre los esfuerzos que hay que realizar para la conservación de los sistemas, dándole por ello una baja prioridad y posponiéndolo fácilmente para más adelante ante la necesidad de derivar fondos presupuestales hacia otras actividades. Ciancaglini (1975) establece que la conservación de sistemas de riego y drenaje insume más de un 60% del presupuesto anual de un distrito de riego. Sagardoy, et al. (1982), mencionan que entre algunas de las razones de que se tenga un pobre mantenimiento de los sistemas de riego se debe a: a) Insuficiente asignación de fondos para estas labores, b) Falta de interés de los agricultores en participar en las labores de conservación y mantenimiento de los sistemas de riego y c) Pobre organización en los trabajos a realizar.

Es por ello que, a pesar de que la infraestructura de riego y drenaje ha sido bien diseñada desde el punto de vista hidráulico, a mediano plazo se observa un deterioro general de la misma por falta de conservación, elevación del nivel freático y escasez de dotaciones de entrega de agua a los usuarios por falta de capacidad en los canales, por lo que al cabo de unos 10 – 15 años hay que proceder a rehabilitar el sistema ante su rápida obsolescencia. Hotes (1973) del Banco Mundial, sostiene que por la experiencia recogida en los proyectos, con una buena atención en la operación y conservación de los sistemas de riego y drenaje se puede llegar a añadir un 10% de tierra factible a ser irrigada con los sistemas de riego existentes.

Sagardoy, et al. (1982) mencionan que hay diversos tipos de conservación: i) Conservación normal o de rutina: que incluye a todos los trabajos que se hacen regularmente en forma anual a fin de mantener en buen estado la infraestructura de riego y drenaje. ii) Mantenimiento especial: que incluye la reparación de daños producidos por alguna crecida, vendaval o terremotos. iii) Conservación diferida: que incluyen todos los trabajos necesarios para recuperar la capacidad perdida de los canales en relación con su diseño original y que fuera apartado por razones presupuestarias u otras. A veces se confunde la “conservación diferida” con el “programa de rehabilitación”, pero en realidad solo difieren en el origen de sus fondos, dado que la conservación diferida normalmente se hacen con fondos locales o nacionales, mientras que la rehabilitación dispone de fondos nacionales y/o internacionales.

Para la realización de un programa de trabajo de conservación, su posterior control, evaluación de la eficiencia en su realización y sus costos reales, etc., se requiere disponer de una información que generalmente no se recopila, dado que este rubro es muy específico. Ciancaglini (1972, 1972^a, 1973, 1981 y 1985) comenzó a establecer paulatinamente una metodología para la

toma de datos a campo y la posterior programación, ejecución y control, en base a la tecnología de que se disponía en esa época.

Dicha información deberá ser exhaustiva para describir cada obra de arte. Por ejemplo, en el caso de una compuerta lateral de toma de una propiedad, deberá describir si tiene una compuerta de una sola posición (abierta/cerrada) o bien si es graduable (de tornillo, con orificios y clavija). Si la hoja es de chapa o de madera u de otro material. Si la obra que la soporta es de hormigón, piedra, ladrillo, etc. Las dimensiones generales de todo lo que se describa para cuantificar el volumen de obra, etc. Lo mismo se puede decir para aforadores, partidores, etc.

El inventario de toda esta información se realiza una sola vez y posteriormente, todos los años se revisa y actualiza, colocando información escrita donde se pueda registrar el historial de la obra considerada, pues esto es muy importante para conocer si la obra funciona bien a lo largo del tiempo o hay que realizarle algunas modificaciones para mejorar su prestación. Por ello, el trabajo inicial es muy complejo y tedioso. Sin embargo no queda otra alternativa si es que se desea realizar una programación adecuada de la conservación de la infraestructura de riego y drenaje, asignando los recursos presupuestarios, de equipos y personal que se dispone, priorizando cuales obras se mantienen durante un periodo determinado y dejando bien especificado cuales obras o que tipo de tareas no se realizan por falta de medios, para realizarlas posteriormente (conservación diferida).

El uso de un modelo para la conservación de los sistemas de riego requiere por ello de tal nivel de información, que solo es factible si es que se sigue un procedimiento y una metodología ad-hoc. Hoy en día existen técnicas modernas que facilitan en gran medida estas tareas, como el uso de navegadores satelitales (GPS), de programas de computación tales como Excel ó Access y programas tales como Arc View, Arc Info, etc, que permiten digitalizar la infraestructura de riego sobre una base cartográfica, estableciendo para la misma una base de datos con todas las características necesarias para la conservación. De allí se puede calcular fácilmente en forma posterior las variables que intervienen en el proceso de la conservación. Por ejemplo, se pueden determinar cuantas compuertas existen con hoja metálica, la superficie metálica total y de allí calcular la necesidad de pintura necesaria y su costo. Lo mismo para los canales, al dividirlos en secciones, que pueden ser tratadas para la extracción del sedimento mediante procedimientos manuales, retroexcavadora, excavadora de 3 tramos o bien excavadora de cable en las secciones mayores. De esta forma se pueden asignar mucho mejor los recursos de que se disponen y representarlos de una forma geográfica.

Los registros que se deben realizar deben seguir una metodología para su llenado y posterior interpretación. De allí la enorme importancia de comenzar bien este trabajo mediante un procedimiento que hay que estudiar minuciosamente. Por ello, se piensa que antes de comenzar con la fase de la conformación de un modelo de conservación de sistemas de riego y drenaje, que tenga módulos para evaluar las necesidades de conservación, realizar un balance entre las necesidades y los medios disponibles y luego asignarlos siguiendo procedimientos de optimización técnico – económica, es necesario disponer de información confiable y detallada, que sea fácilmente interpretada por los modelos. Este trabajo presentado tiende a dar solución al planteo presentado anteriormente.

Por otra parte, se desea estudiar el comportamiento de los navegadores satelitales tipo GPS para la realización de esta actividad. En estudios previos han dado errores de hasta 4 m. y con respecto a la cartografía existente han dado derivas de hasta 200 m. Sin embargo, el Departamento General de Irrigación (DGI), ubicado en la provincia de Mendoza, está adquiriendo imágenes de mayor precisión, con ± 3 m, que va a representar un gran avance en la aplicación de estos elementos para determinar con precisión la ubicación de las obras de arte.

OBJETIVOS

Desarrollar una metodología para la conformación de bases de datos que funcionen mediante un sistema GIS para su uso en modelos de conservación de sistemas de riego.

Los productos a obtener son:

- a) Procedimientos para la organización de bases de datos para la conservación de sistemas de riego.
- b) SIG aplicado a la programación, control y evaluación de trabajos, eficiencias y costos sobre Conservación de Sistemas de Riego.
- c) Determinación de la precisión de los navegadores GPS para el relevamiento de la infraestructura de riego.

HIPOTESIS DE TRABAJO

Se parte de la hipótesis de que es factible la introducción de toda la información necesaria para la conservación de un sistema de riego, en una base de datos, la cual debe ser ordenada y encadenada de forma tal que, ante distintos requerimientos de información que se hagan pueda dar respuesta adecuada al referenciar en forma absoluta y/o relativa los distintos parámetros que intervienen. Por otra parte, dicha información debe permitir su procesamiento y lograr a través de ello la observación de las obras que requieren trabajos de conservación similares, cuantificando los mismos.

Se considera que el uso de Arc View permitirá incorporar información sobre los trabajos que se van realizando, logrando información estadística y visual sobre el avance de obra, cantidad de medios asignados y consumidos y zonas donde se realizan los trabajos. Asimismo, una vez completados todos los trabajos, permitiría visualizar los realizados, las zonas geográficas donde se hicieron y los sectores donde no se realizó la conservación, detectando así la conservación diferida, a tener en cuenta para los próximos periodos.

Esta herramienta permitirá asimismo la toma de decisiones en forma rápida, al tener a la vista el uso de las maquinarias disponibles y de personal de conservación, reasignando los mismos en casos de emergencias (ingreso de crecientes, rotura de canales, etc.)

MATERIAL Y MÉTODOS

La zona bajo riego de estudio es la Hijuela La Perfoga, ubicado en la red de riego de los canales San Pedro y San Pablo, 5° Zona de Riego del Río Mendoza, departamento de Lavalle, provincia de Mendoza, Argentina. Cuenta con aproximadamente 1.200 ha. empadronadas bajo riego. Sobre el área seleccionada se realizará el trazado de la red de riego y drenaje, la cual se volcará en un sistema SIG, mediante el programa Arc View. Se determinarán las secciones de los canales y de los drenes. Se realizará un relevamiento del tipo de obras existentes. Posteriormente, se confeccionarán bases de datos, de forma tal de proceder a su clasificación siguiendo a Ciancaglini (1985). Ello determinará posteriormente el tipo de mantenimiento a seguir, el volumen de obra necesaria de realizar, sus costos, etc.

Las obras de arte (tomas laterales, frontales, compartos, aforadores, etc.) serán ubicadas en plano mediante GPS y serán croquizadas en plano de campo. Se determinará experimentalmente el error que tienen los GPS para este tipo de trabajo y las consecuencias que ello trae al digitalizar la infraestructura de riego con estos datos sobre el GIS.

La información relevada a campo de la infraestructura de riego primeramente se cargará sobre una planilla de cálculo Excel, debido a que es el programa que conoce la mayor parte de los futuros usuarios, distribuyendo los campos según se muestra a continuación en la respectiva Tabla 1.

Tabla 1. Información de la infraestructura relevada a campo

Id	Obra	Pasante	Tipo obra
			Ancho compuerta
			Alto compuerta
			Long tornillo compuerta
			Sup. Hormigón (m ²)
			Estado Concreto
			Estado General
	Foto	Derivada	Tipo obra
			Ancho compuerta
			Alto compuerta
			Long tornillo compuerta
			Sup. Hoprmigón (m ²)
			Estado Concreto
			Estado General
Cauce	Material		
	Base Fondo		
	Base Mayor		
	Altura		
	Sección		

Se cargará toda esa información en el programa Arc View y se generarán los proyectos necesarios para mostrar la clasificación de canales, obras de arte, etc (según DGI), de forma tal que facilite la toma de decisiones sobre las labores a desarrollar en base al presupuesto y los medios disponibles, con la metodología que viene desarrollando actualmente el Departamento General de Irrigación.

Toda esta información será la base necesaria para el desarrollo de un modelo sobre conservación de sistemas de riego y drenaje que se encarará posteriormente en lenguaje Visual Basic, tomando como base la forma de procesar del modelo desarrollado por Ciancaglini y Fornero (1998).

RESULTADOS

En el relevamiento de campo de la Higuera La Perfoga se encuestaron 40,3 Km de canales, de los cuales el 98,7% es de tierra y el 1,3% se encuentra revestido (Tabla 2), con un total de 101 tomas primarias, 23 tomas secundarias que sirven a una parcela con toma primaria o bien que

atienden a otra parcela, 20 obras de arte para derivación de los caudales en la red de riego y 1 aforador ubicado en la cabecera de una parte del sistema de riego. Se determinó asimismo el estado de funcionamiento y tipo de compuerta existente. (Tabla 3)

Tabla 2- Relevamiento de la red de canales en Hijuela La Perfoga

CAUCE	CATEGORÍA	Longitud (metros)			Total general
		Material			
		Estado			
		Bueno	Total bueno		
	HORMIGÓN		TIERRA		
1253 Hijuela La Perfoga	ALCANTARILLA	431,07	431,07		431,07
	HIJUELA			39724,3	39724,3
	PUENTE CANAL	8,59	8,59		8,59
	SIFÓN	83,15	83,15		83,15
Total general		522,81	522,81	39724,3	40247,11

De las 145 obras de arte relevadas, el 93% se considera que está en buenas condiciones de mantenimiento, el 6% en estado regular y el 1% en mal estado.

De las 134 compuertas relevadas, las compuertas metálicas con tornillo representan el 50% de la totalidad mientras que compuertas metálicas con asa son el 49,25% y las compuertas de madera el 0,75%. De las compuertas metálicas con tornillo de regulación, el 95,52% se encuentran en buen estado de conservación y el 4,48% en estado regular. Las compuertas metálicas con asa en estado bueno de conservación representan el 90,91% y en estado regular el 9,09%. La única compuerta de madera se encontró en buen estado de conservación.

Tabla 3. Resumen del estado de obras de arte (cantidad)

Obras de arte	TIPO	ESTADO			Total general
		bueno	malo	Regular	
AFORADOR	lectura directa		1		1
Total AFORADOR			1		1
DERIVACIÓN	Cmea	2			2
	Cmet	15		2	17
	Pafs	1			1
Total DERIVACIÓN		18		2	20
TOMA PRIMARIA	Cmad	1			1
	Cmea	46		5	51
	Cmet	48		1	49
Total TOMA PRIMARIA		95		6	101
TOMA SECUNDARIA	Cmea	18		1	19
	Cmet	4			4
Total TOMA SECUNDARIA		22		1	23
Total general		135	1	9	145

La Tabla 4 muestra el mismo resultado de la Tabla 3 pero expresado en porcentaje y la Tabla 5 muestra el estado de conservación en porcentaje de las compuertas.

Tabla 4- Estado de conservación de las obras de arte (en Porciento)

OBRAS DE ARTE	TIPO	ESTADO			Total general
		Bueno	malo	regular	
AFORADOR	lectura directa	0%	1%	0%	1%
Total AFORADOR		0%	1%	0%	1%
DERIVACIÓN	Cmea	1%	0%	0%	1%
	Cmet	10%	0%	1%	12%
	Pafs	1%	0%	0%	1%
Total DERIVACIÓN		12%	0%	1%	14%
TOMA PRIMARIA	Cmad	1%	0%	0%	1%
	Cmea	32%	0%	3%	35%
	Cmet	33%	0%	1%	34%
Total TOMA PRIMARIA		66%	0%	4%	70%
TOMA SECUNDARIA	Cmea	12%	0%	1%	13%
	Cmet	3%	0%	0%	3%
Total TOMA SECUNDARIA		15%	0%	1%	16%
Total general		93%	1%	6%	100%

Abreviaturas de las tablas 3 y 4: Cmea: compuerta metálica de asa.

Cmet: compuerta metálica de tornillo.

Cmad: compuerta de madera.

Pafs: partididor automático fijo sin compuerta.

Tabla 5- Estado de conservación de los distintos tipos de compuertas

Estado	Comp. Metal. Torn.	Comp.. Metálica Asa	Compuerta Madera	Total General
Total	67	66	1	134
(%)	50	49,25	0,75	100
Bueno	64	60	1	125
(%)	95,52	90,91	100	93,28
Regular	3	6		9
(%)	4,48	9,09		6,72
Malo	0	0		
(%)	0	0		

Se tomaron fotos digitales, las que se incorporaron al sistema GIS mediante el programa Arc View y por otra parte, se relevaron las obras mediante GPS.

Se obtuvieron los procedimientos necesarios y la estructura de base de datos para la conformación de un Sistema de Información Geográfica aplicado a la programación, control y evaluación de trabajos, eficiencias y costos sobre Conservación de Sistemas de Riego sobre la Hijuera Perfoga, ubicada en la red de riego de los canales San Pedro y San Pablo, 5° Zona de Riego del Río Mendoza, departamento de Lavalle, provincia de Mendoza, Argentina (figura 1).

Vinculando geográficamente, mediante el Sistema de Información Geográfico (SIG), los datos del estado de la infraestructura de riego de la zona de bajo estudio (tabla 4), con la jerarquía de la red de riego y drenaje, la superficies empadronadas con derechos de riego, el estado de pago de esos derechos, y con el respectivo uso del suelo (cultivado - no cultivado), se pudo clasificar a las obras de arte de la zona de riego bajo estudio en distintas categorías que definen el orden de

prioridad para proceder a establecer un programa de conservación del sistema de riego (figura 2). De esta manera se puede asignar con un criterio más racional y sustentable el presupuesto disponible para la conservación, con la finalidad de obtener el mayor beneficio en la productividad al implementar el programa de conservación pertinente.

La precisión que se obtuvo de navegadores satelitales para la identificación geográfica de obras de infraestructura de riego fue de entre 15 a 30 metros. Dicha información sirve para obtener una ubicación general de las mismas y no puede ser utilizada para la digitalización de la infraestructura de riego dentro del GIS. En forma práctica se obtuvieron mejores resultados esquematizando la infraestructura de riego sobre un plano de campo y su posterior digitalización sobre una base cartográfica correctamente georeferenciada.

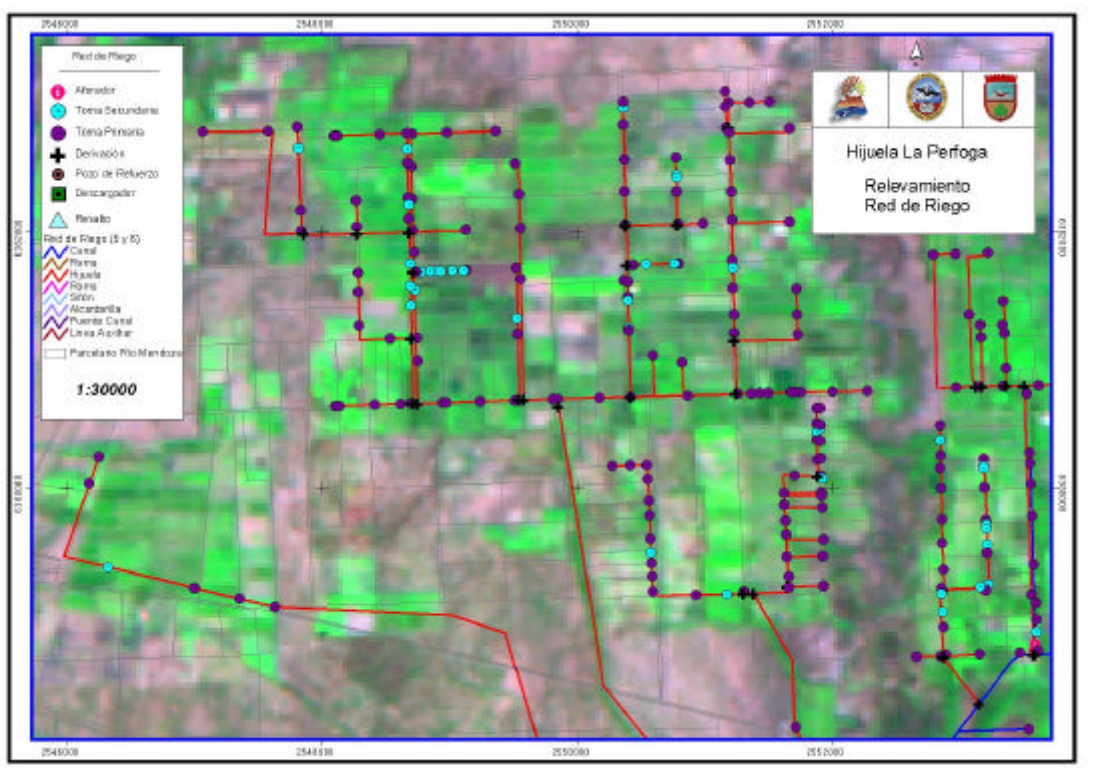


Figura 1. Infraestructura de riego

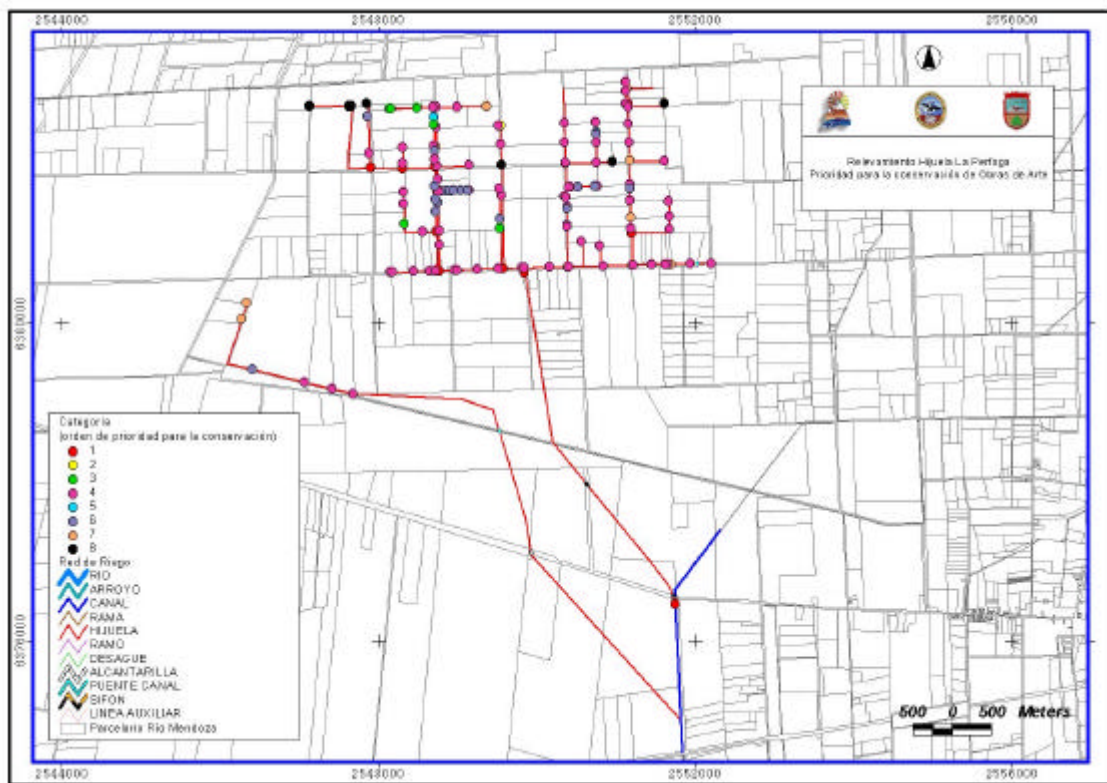


Figura 2. Orden de prioridad para la conservación de obras de arte

CONCLUSIONES

Se desarrolló una metodología de trabajo para la obtención de información sobre la infraestructura de riego y drenaje, sus dimensiones y estado de las diferentes obras de arte existentes. Dicha información se volcó en planilla Excel, debido a que es el programa que conoce la mayor parte de los futuros usuarios.

Dicha información, procesada convenientemente, fue volcada a un programa Arc-View, donde previamente se había digitalizado la red de riego en general, ubicando en este caso las obras de arte y sus características. A ello se agregó la incorporación de fotos digitalizadas de las obras de arte.

Siguiendo el procedimiento, se seleccionaron aquellas obras de arte que requieren mantenimiento, priorizando las mismas a fin de ayudar a establecer el programa de conservación y mantenimiento de la infraestructura de riego y drenaje.

Se observó que en general, las malezas en los canales se encuentran bien controladas, al igual que las compuertas. Por otra parte, se observó que en general, la parte de la infraestructura de hormigón se encuentra bastante deteriorada.

El uso de navegadores satelitales (GPS) es de utilidad para obtener una ubicación aproximada de la obra de arte sobre el territorio, debido a su precisión. En forma práctica se obtuvieron mejores resultados esquematizando la infraestructura de riego sobre un plano de campo y su posterior digitalización sobre una base cartográfica correctamente georeferenciada.

A futuro se pretende implementar un modelo sobre conservación de sistemas de riego y drenaje que se encarará en lenguaje Visual Basic, tomando como base la forma de procesar el modelo desarrollado por Ciancaglini y Fornero (1998).

BIBLIOGRAFÍA

- Ciancaglini, N.C.** (1972a) "*Proyecto de organización de la Intendencia de Riego de 25 de Mayo y sus respectivos Distritos de Riego, Provincia de La Pampa*". INELA, Mendoza. 172p.
- Ciancaglini, N.C.** (1972b) "*Proyecto de Organización de la Intendencia de Riego del IDEVI y sus respectivos Distritos de Riego*"; para el Instituto de Desarrollo del Valle Inferior del Río Negro (provincia de Río Negro. INELA. Mendoza. 143p.
- Ciancaglini, N.C.** (1973) "Mejoramiento de la Operación, Conservación y Administración de las Intendencias de Riego de CORFO-Río Colorado (provincia de Buenos Aires)". INCYTH-CELA. 247 p.y planos.
- Ciancaglini, N.C.** (1975) "*Planeación de un servicio eficiente de conservación de sistemas de riego*" (determinación de la necesidad de maquinaria y equipos). Tesis de Postgrado para acceder el grado de Maestro en Ciencia de la Rama de Riego y Drenaje. Colegio de Postgraduados; Chapingo-México. 101p.
- Ciancaglini N.C y L.Fornero** (1997) "*Programación de la conservación de Sistemas de Riego – Proyecto n° 583*". INA-CRA 19p
- Ciancaglini, N.C.** (1981) "*Temas complementarios sobre Operación y Conservación de Distritos de Riego*". Curso Internacional sobre Operación y Conservación de Distritos de Riego. INCYTH-Centro Regional Andino. Mendoza. 206p.
- Ciancaglini, N.C.** (1985) "*Conservación de Sistemas de Riego*"- Segundo Curso Internacional sobre Operación y Conservación de Distritos de Riego organizado por INCYTH-CRA. Mendoza, 157p.
- Ciancaglini, N.C. y M.A. Escalante.** (1993) "*Banco de Datos Computarizado de la Infraestructura de Riego y Drenaje del Río Tunuyán Inferior. I= Banco de Datos sobre Malezas en Canales y Drenes*". Informe Final Proyecto 5.30. INCYTH-CRA. Mendoza (Publicación interna). 78 p.
- Ciancaglini, N.C.** (1995) "*Conservación de Sistemas de Riego*". Maestría en Riego y Drenaje. Facultad de Ciencias Agrarias. Edición revisada y ampliada. 133 p.
- Ciancaglini, N. y L. Fornero .** (1998) "*Modelo para la programación de la conservación de sistemas de riego*". XVII Congreso Nacional del Agua y II° Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur. Santa Fé, 3-7 agosto; pp: 198 – 205
- FAO.** (1973) "*Irrigation, Drainage and Salinity*". An International Source Book. Hutchison. Britain
- FAO,** (1979) "*The On-farm Use of Water*". Comm. On Agr. 5th. Session. 22 p.
- Hotes, F.L.**(1973) "*World Bank Irrigation Experience. Water Resources Development. Vol 1 n° 1*", pp: 65-75
- ICID.** (1989) "*Planning the Management, Operation, and Maintenance of Irrigation and Drainage Systems*". A Guide for the Preparation of Strategies and Manuals. World Bank Technical Paper Number 99. Washington D.C. 150 p.
- Sagardoy, J.A.; A. Bottrall and G.O. Uittenbogaard.** (1982) "*Organization, operation and Maintenance of Irrigation Schemes*". FAO Irrigation and Drainage Paper 40. Rome. 166 p.