

Plataforma Digital para la Gestión de Módulos de Riego en México: SIAM, en México

Carlos López-López¹

Carlos.lopezl65@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3191-1005>

Colegio de Postgraduados.

Campus Montecillo.

México

Adolfo A. Exebio-García

exebio@colpos.mx

<https://orcid.org/0000-0002-3280-0278>

Colegio de Postgraduados.

Campus Montecillo.

México

Jorge Flores-Velázquez

jorgelv@colpos.mx

<https://orcid.org/0000-0003-0895-4645>

Colegio de Postgraduados.

Campus Montecillo.

México

Adolfo E. Juárez-Márquez

15bjuarezmarquez@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5710-0297>

Colegio de Postgraduados.

Campus Montecillo.

México

Martín A. Bolaños González

bolanos@colpos.mx

<https://orcid.org/00000-0002-8110-1051>

Colegio de Postgraduados.

Campus Montecillo.

México

RESUMEN

En México, la gestión tradicional de los módulos de riego implica un alto consumo de mano de obra, tiempo y recursos, resultando costosa, lenta e ineficiente. Para abordar estos desafíos, se desarrolló SIAM, una plataforma digital que facilita la programación, ejecución y monitoreo en tiempo real de estas actividades, además de permitir la recopilación de datos en campo a través de dispositivos electrónicos. Esta herramienta, creada en el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) de Visual Studio y basada en la plataforma .Net Framework, utiliza C#, librerías de Windows Forms, controles Syncfusion Essential Studio y bases de datos MySQL. Además, SIAM puede exportar archivos ESRI shapefile con MapWinGis y emplea QGIS 3.22 para la creación de mapas temáticos. Tras ser probado en los módulos de riego 3 del D.R. 05 Delicias y III-4 del D.R. 025 Bajo Río Bravo, SIAM demostró ser una solución efectiva, proporcionando una evaluación transparente y rápida del desempeño de los módulos de riego, favoreciendo así una gestión sostenible y transparente del agua.

Palabras clave: plataforma digital; gestión de riego; operación, conservación; administración.

¹ Autor principal

Autor de correspondencia Carlos.lopezl65@gmail.com

Digital Platform for Irrigation Module Management in Mexico: SIAM, in Mexico

ABSTRACT

In Mexico, the traditional management of irrigation modules involves a high consumption of labor, time, and resources, making it costly, slow, and inefficient. To address these challenges, SIAM was developed, a digital platform that facilitates the scheduling, execution, and real-time monitoring of these activities, as well as allowing data collection in the field through electronic devices. This tool, created in the Integrated Development Environment (IDE) of Visual Studio and based on the .Net Framework platform, uses C#, Windows Forms libraries, Syncfusion Essential Studio controls, and MySQL databases. Furthermore, SIAM can export ESRI shapefile files with MapWinGis and uses QGIS 3.22 for thematic map creation. After being tested in the irrigation modules 3 of D.R. 05 Delicias and III-4 of D.R. 025 Bajo Río Bravo, SIAM proved to be an effective solution, offering a transparent and swift evaluation of the performance of the irrigation modules, thus promoting sustainable and transparent water management.

Keywords: *digital platform; irrigation infrastructure; operation; conservation; administration.*

Artículo recibido 20 julio 2023

Aceptado para publicación: 25 agosto 2023

INTRODUCCIÓN

La descentralización de los Distritos de Riego a los usuarios considera la constitución jurídica y legal de las Asociaciones Civiles de Usuarios (ACU), que serán integradas por los productores agrícolas de riego de una zona compacta de riego que cumpla con específicas características organizacionales. Se otorga a las Asociaciones Civiles la facultad para operar, conservar, administrar y modernizar dichas zonas de riego y proporcionarle el servicio de riego a los productores; a 30 años de la descentralización de los Distritos de Riego se pone en duda la eficiencia de la transferencia de las zonas de riego en México, (Palerma, 2020).

La operación, conservación, administración y actividades de ingeniería de riego y drenaje de un módulo de riego involucran procesos ordenados jerárquicamente, que hacen en su conjunto la operación en cada ciclo agrícola. Llevar el control de las actividades en un módulo de riego, requiere el uso de formularios y formatos, tanto para la planeación anual como para el seguimiento de procesos de menor tiempo. A pesar del avance tecnológico, ésta planeación y seguimiento es realizada en forma tradicional, convirtiéndolo en un proceso engorroso, ineficiente, inexacto y de uso puntual. Se han hecho trabajos dirigidos a la sistematización de estas actividades (Li et al., 2020) con el fin de evitar errores personales en el manejo de los módulos de riego.

Con la evolución de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y las plataformas de programación se usaron tecnologías destinadas al uso eficiente en el manejo de información que se genera en distritos y módulos de riego. Velasco et al, (1996) desarrollaron un sistema de información geográfica puntual para la tercera unidad del distrito de riego 026, Bajo Río San Juan, Tamaulipas, integrada por cinco módulos de riego. El programa asocia bases de datos representados espacialmente, tal como las características geográficas de un lote o una sección de riego. El sistema permite la generación de planos temáticos, mosaicos de cultivos y reportes numéricos, apoyados sobre las mismas bases de datos. Sin embargo, carece de las actividades referentes a las obras y la infraestructura.

(Mundo y Martinez, 1997, 2002), desarrollaron el sistema computacional para la distribución eficiente del agua en distritos de riego denominado SICODE. Se usó como apoyo a los usuarios, jefes de operación y gerentes de módulos de distritos de riego transferidos, en la toma de

decisiones para la distribución y aplicación del agua de riego en las parcelas. Proporciona al usuario sugerencias y criterios para el manejo, distribución y entrega del agua de riego en cantidad y tiempo, pero solo aborda el tema del riego desde el punto de vista operativo.

La bondad de los SIG consiste en la posibilidad de visualizar de manera espacial y en ocasiones temporal, las características de las parcelas considerando información tabulada. (Montesillo y Punched, 2000) presentaron una plataforma geográfica denominada “Requerimientos de un sistema de información para modelar ofertas y demandas de agua de tres segmentos de usuarios”. El trabajo consistió en fijar los requerimientos de un SIG para modelar ofertas y demandas de agua. Por otro lado, suponen que los modelos se cuantificarán mediante un sistema acorde con el marco de las normas internacionales en materia de cuentas nacionales. Los modelos fueron diseñados para valorar el agua como bien económico. Posteriormente, exponen las necesidades de información que imponen los modelos en el marco de un sistema de cuentas económicas y ecológicas como el que se está construyendo en México, siguiendo las recomendaciones internacionales del Sistema de Cuentas Nacionales de 1993. Finalmente, se plantearon lineamientos para construir un sistema de información para la economía del agua y los desarrollos conceptuales del mismo que surgirán de los modelos especificados.

Posteriormente surgen trabajos como los de Mejía et al., (2003) y Ojeda et al., (2007) con el fin de atender la operación y administrar los módulos de riego, para tomar decisiones a partir de estadísticas agrícolas, información hidrométrica, plan de riegos y los planos temáticos que periódicamente generan los distritos y módulos de riego. Dicha información fue sistematizada y analizada en un SIG, con la finalidad de trabajar en forma integrada y presentar los resultados en forma gráfica (Mapas temáticos). El “Spriter” genera reportes digitales mediante el uso de mapas temáticos y está vinculada a la base de datos principal del distrito de riego.

Si bien es cierto existen programas para el apoyo de la administración de los módulos de riego, estos son incipientes y con aplicaciones puntuales, algunos abordan demandas de agua por los cultivos y eficiencias del riego, pero no considera la parte administrativa ni seguimiento de las obras de conservación, rehabilitación y/o modernización de la infraestructura hidroagrícola. Otros (Martínez et al., 2020) contemplan actualizaciones dinámicas del padrón de usuarios, los

catástrofes, recaudación de las cuotas por servicio de riego, superficies cultivadas y padrón de cultivos en tiempo real, pero no en los niveles organizativos que exige los tiempos actuales (Salcedo, 2005). Entre las carencias principales observadas son las referidas con el manejo de las cuentas, el uso y manejo de obra interna y externa mediante uso de maquinaria.

Ante la declaratoria de la pandemia del Covid-19 ocasionada por el virus denominado SARS_CoV2, realizada en Marzo del 2020 por la Organización Mundial de la Salud (OMS); se generó una nueva normalidad en todo el mundo; lo cual afectó a todas las áreas del quehacer diario, tanto a nivel científico como rutinario. Todo ello aceleró el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) para la recolección de datos mediante en entorno presencial y virtual. Dicha normalidad afectó de forma grave la operación, la conservación, la administración y modernización de los módulos de riego de México y todo el mundo; obligándolos a cerrar sus oficinas y trabajar desde casa; tal como sucedió en la investigación científica a nivel nacional y mundial (Cisneros et al., 2022).

La Plataforma Digital del SIAM permitió hacer frente a la nueva normalidad ocasionada por la pandemia; ya que el levantamiento de información de campo (intención de siembra, siembras, riegos, precipitación pluvial, bitácoras de la maquinaria y cosechas), se realiza mediante la aplicación web del SIAM instalada en celulares, laptops y tabletas, con el uso de formularios de campo para cada actividad; posteriormente, el SIAM sube la información a la nube y es registrada, almacenada y calculada por el algoritmo de cada subsistema que integra la plataforma.

Continuando con el uso de las TICs en los módulos de riego; los Sistemas de Información Geográficos (SIG) cobran vital importancia para la planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de los programas anuales de trabajo de los módulos de riego de México y el mundo. Los SIG facilitan el levantamiento de información de campo, la generación de bases de datos espaciales con campos diversos de información, el análisis espacial (vectorial, raster y álgebra de mapas), la liga con modelos matemáticos (SIAM), y la generación de mapas temáticos con paletas de colores; lo que permite comunicar información compleja a los productores agrícolas del módulo de riego y tomar decisiones apropiadas para el manejo integral sustentable de los recursos del módulo (Johnson, 2016).

En particular la plataforma del SIAM se liga directamente con el SIG denominado Qgis versión 3.22 para la salida de información en mapas temáticos de interés para la administración y manejo del módulo de riego (mapa de la intención de siembra, mosaico de cultivos, riegos, lotes pagados, lotes con adeudos, etc). El modelo computarizado del SIAM permite generar los reportes de forma tabular, gráfica y en diferentes formatos (shp, pdf, excell, jpg, etc.).

Además, la Plataforma digital del SIAM permite calcular las estadísticas agrícolas, las estadísticas hidrométricas, los indicadores de desempeño y la huella hídrica de los cultivos por subciclo agrícola, ciclo agrícola, por cada cultivo sembrado y cosechado (Huella hídrica verde, huella hídrica azul y la huella hídrica total); para este tipo de evaluación de la gestión de los distritos y módulos de riego, además del SIAM, existen varios trabajos e investigaciones realizadas por diversas instituciones e investigadores; tal es el caso de Altamirano et al (2017), quienes proponen una metodología para clasificar y evaluar el desempeño de los distritos de riego en México con base en indicadores operativos, productivos, financieros y ambientales.

Por otro lado, la Plataforma Digital del SIAM permite elaborar los diagnósticos del estado de la infraestructura hidroagrícola transferida a los Distritos y Módulos de Riego por la Comisión Nacional del Agua; así como realizar el programa anual de conservación normal y diferida, el programa de utilización de la maquinaria agrícola necesario para realizar las obras, los informes mensuales del avance de obras, generar las bitácoras de cada máquina, así como los diversos informes de seguimiento y los parámetros de cálculo de los costos horarios de las máquinas y los sueldos de los operadores; además del SIAM, existen varios trabajos científicos para evaluar la conservación de la infraestructura hidroagrícola transferida a los usuarios de riego, tal como el que reporta Reyes et al. (2019), quienes proponen una metodología basada en análisis estadístico de series de tiempo de las variables consistentes en los montos de inversión destinada a la conservación de la infraestructura hidroagrícola, las cuotas de riego cobradas por ciclo agrícola y los volúmenes de agua disponible en las fuentes de abastecimiento; quienes concluyen que la inversión destinada para la conservación y mantenimiento de la infraestructura hidroagrícola no se presenta una tendencia creciente en el periodo posterior al proceso de transferencia; no obstante que si se aumentaron las cuotas de riego pagadas por los usuarios de riego; todo ello ha influido

negativamente en el deterioro de la infraestructura transferida a los usuarios de riego organizados en Asociaciones Civiles de Usuarios y en Sociedades de Responsabilidad Limitada de Interés Público (ACUs y SRL de IP).

La administración de los recursos económicos que provienen de las cuotas de riego que pagan los usuarios y las aportaciones de los gobiernos federales, estatales y municipales; debe hacerse de forma transparente y eficiente por las autoridades de los módulos de riego, por tal razón, la plataforma digital del SIAM permite llevar el control de las cuotas de riego que se pagan en función de los volúmenes de agua entregada a cada usuario, genera dos escenarios posibles de ingresos en cada ciclo agrícola, realiza una base de datos de todos los pagos recibidos por el módulo de riego, lleva un control estricto de los gastos (egresos) del módulo, genera las nóminas de los trabajadores con todas sus prestaciones y descuentos de ley, factura los pagos realizados por los usuarios de riego y realiza los balances mensuales y anuales del módulo de riego. Cabe mencionar que además del SIAM se han generado una serie de trabajos científicos y tecnológicos para evaluar la administración de los módulos de riego, tal es el caso de Ramírez et al (2021), quienes evaluaron la eficacia administrativa de dos Asociaciones Civiles de Usuarios (ACUs) de productores agrícolas del distrito de riego 010 “Culiacán-Humaya-San Lorenzo”; en el periodo de tiempo comprendido entre 2011 a 2017; para lo cual utilizaron indicadores financieros y los resultados los contrastaron con los principios y lineamientos del Banco Mundial y la normatividad nacional vigente. Pese a que el módulo de riego IV-3 es más eficiente en la administración de sus recursos económicos que el módulo de riego I-3; ambos módulos de riego presentaron observaciones por incumplimiento de la normatividad nacional vigente y del Banco Mundial. Por su parte, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), no ejecutó ninguna sanción a los módulos antes mencionados. Lo cual indica que hubo arreglos informales o clientelares; con lo cual han puesto en riesgo la sostenibilidad financiera de los módulos evaluados y el deterioro de la infraestructura hidroagrícola cada vez es mayor.

La ingeniería de riego de los módulos (salinidad analizada, estudios agrológicos, freaticimetría, textura de los suelos, evolución espacio-temporal de los niveles freáticos, productividad agrícola y eficiencias del uso del agua), sirve para estimar, cuantificar y dirigir de forma priorizada las

Inversiones financieras para lograr un manejo integral sustentable de los recursos naturales, económicos, humanos y materiales con que cuenta una Asociación Civil de Usuarios; la Plataforma Digital del SIAM permite llevar a cabo dichos trabajos y dirigir su ejecución mediante el uso de mapas temáticos geoespaciales y las diversas herramientas de análisis de información vectorial y raster de los SIG. También en este tema se han realizado una serie de investigaciones por otros autores e instituciones, tal es el caso de Zamudio et al (2004), quienes elaboraron un estudio para delimitar las áreas potencialmente salinas del Distrito de Riego de Caborca, Sonora; y determinar el grado de salinidad de los suelos; para lo cual utilizaron información de los estudios de salinidad analizada de 125 perfiles agrológicos e información del estudio de agrología del distrito de riego. La cartografía temática y la cuantificación de superficies ensalitradas la realizaron con el uso de los SIG (ILWIS).

El objetivo de este trabajo fue sistematizar mediante una plataforma digital (Sistema Integral para la Administración de Módulos de Riego-SIAM), la planeación, la toma de datos en campo, el procesamiento, el seguimiento y la generación de informes periódicos de las áreas de operación, conservación, administración e ingeniería de riego y drenaje de un módulo de riego; todo ello con el uso de las TICs, los SIG y la nube.

METODOLOGÍA

Compilación de información

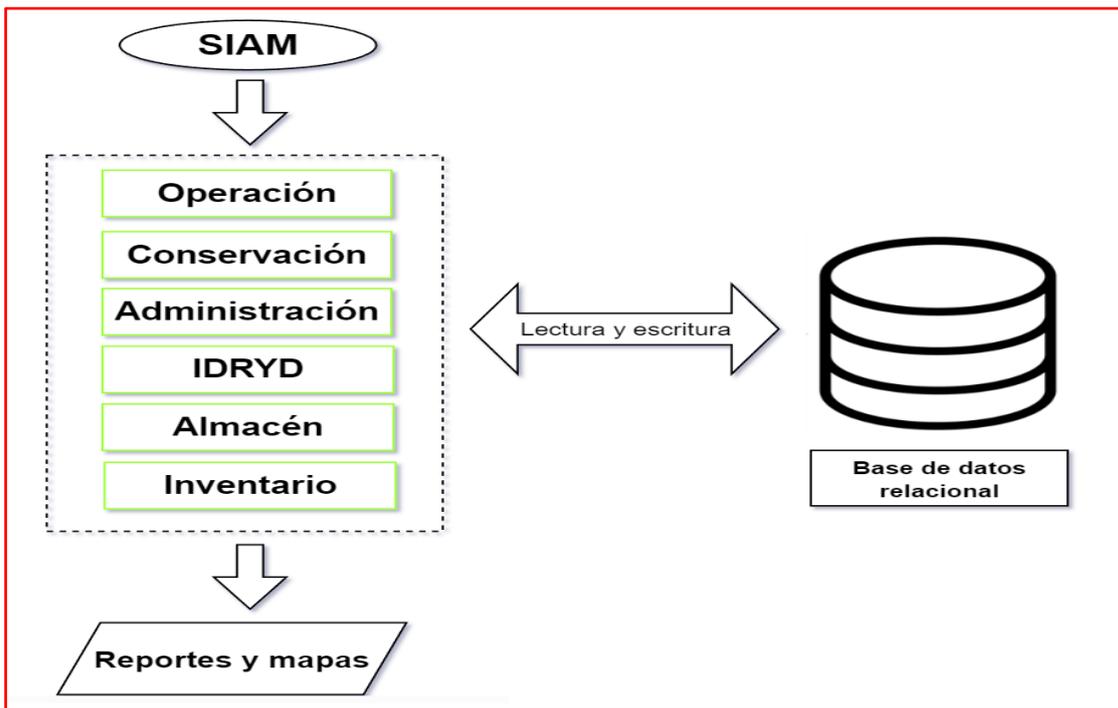
Se resume la información basada en los formularios (formatos) que utilizan los módulos de riego para la planeación anual, ejecución y seguimiento de las actividades en las áreas de operación, conservación, administración e Ingeniería de Riego y Drenaje. Para complementar la información que alimenta al sistema, se utilizaron los inventarios de infraestructura hidroagrícola del módulo de riego III-4 “Asociación de Usuarios Hidráulica Los Ángeles, A.C.”, del distrito de riego 025 Bajo Río Bravo, Tamaulipas, así como el padrón de usuarios. Una vez definida la información, se concentran los formularios, organizados por área del módulo, así como el inventario de infraestructura y el padrón de usuarios. Con el universo de información se realiza el análisis de su contenido para integrarlos al sistema y con ello definir los diagramas de flujo entre los

formularios y las diversas áreas en las que opera. Posteriormente, se procede a identificar las relaciones que tienen unos formatos con otros, lo que le da la estructura funcional al programa. Se diseñan las plantillas de los formatos en forma de tablas en la base de datos relacional usando solo la información esencial o permanente, ya que existe procesos intermedios cuyas fórmulas requieren variables temporales de un solo uso y se calculan durante la ejecución del proceso sin necesidad de ser almacenadas. En las plantillas que el módulo requiere, se integró en un formulario de Windows Forms desde donde se llamará a la base de datos, haciendo para cada proceso un diagrama de flujo. Se crean clases de objetos para la manipulación de variables que comprende creación, modificación, eliminación y lectura de datos. Cada proceso llama a las entidades necesarias para mostrar la información que requiere un formulario. Bajo este esquema solo es necesario indicar el mínimo de valores para que el programa ejecute el cálculo de los restantes de un formulario de cada subsistema independiente del tipo que se trate.

Programación de los formularios

La programación de los formularios se realizó en el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) de Visual Studio en su versión 2019, en la plataforma .NET Framework, usando como lenguaje principal C# y las librerías Windows Forms para la interfaz gráfica. Se usaron controles de Syncfusion Essential Studio para Windows Forms para las interfaces avanzadas. La base de datos de tipo relacional se trabajó en MySql en un servidor online. Figura 1.

Figura 1. Base de datos relacional del SIAM.



Los reportes se exportan con la librería de Xlsx IO de Syncfusion y la tecnología Mail Merge usando plantillas en Excel para que el usuario final pueda editarlos. Análogamente Los archivos ESRI Shapefiles se trabajan con la librería MapWinGis y se usa QGis para la impresión de mapas temáticos. El SIAM puede ejecutarse en Windows 10 o superior, en computadoras con requerimientos medios y bajos de capacidad. La estructura del SIAM es modular y está constituida con las cuatro áreas que integran un módulo de riego y su infraestructura. Figura

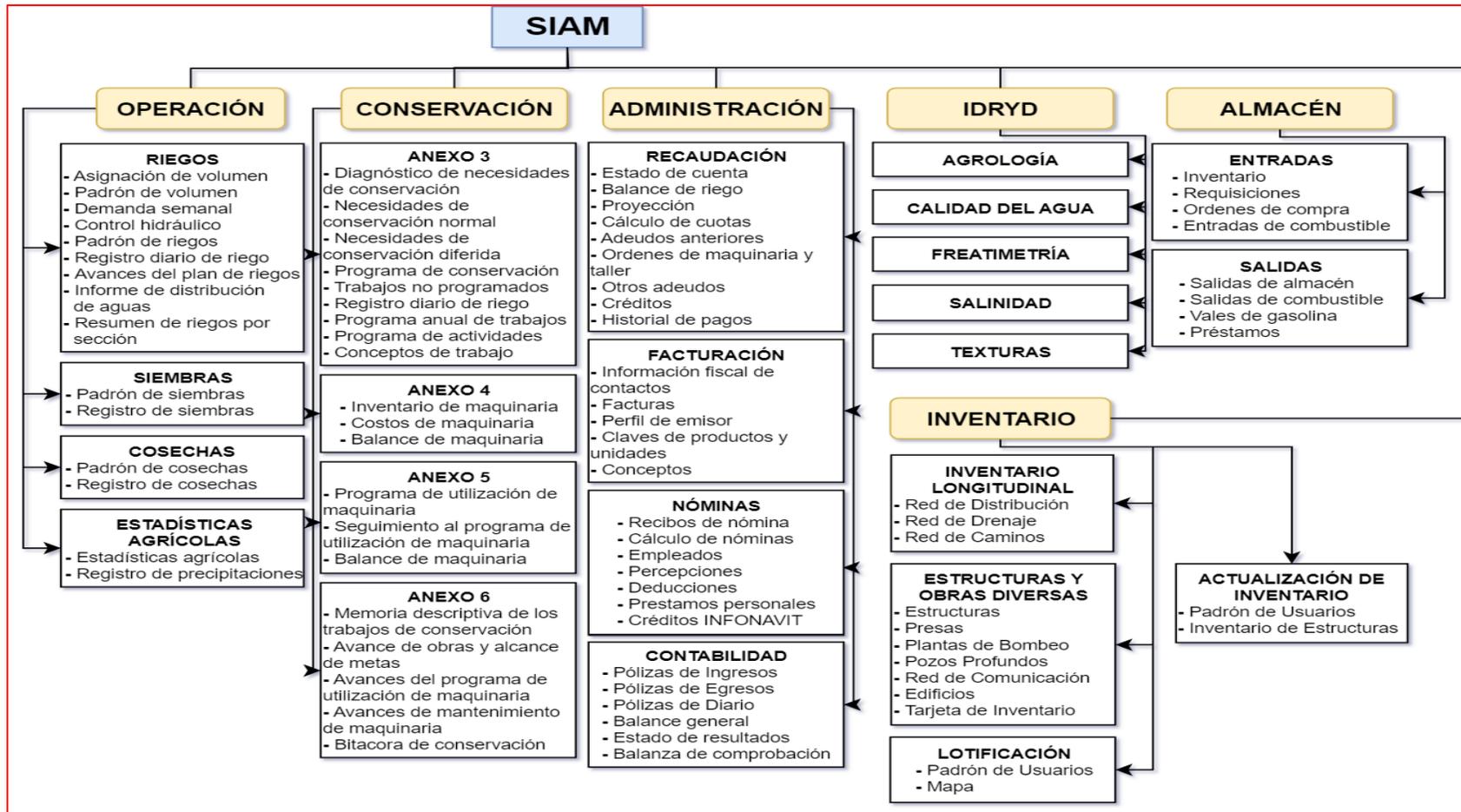


Figura 2. Estructura lógica del SIAM.

Para el complemento de información de entrada al programa, se integró el inventario de infraestructura hidroagrícola y el padrón de usuarios. Dicha información se incorporó en el sistema de información geográfica QGis 3.22; atendiendo las necesidades de los operadores del módulo de riego, se diseñó un sistema de impresión en formatos de Excel®, PDF y en archivos de ESRI Shapefile para mostrar en mapas temáticos la información de las capas de interés. La evaluación y calibración del SIAM se realizó con información del módulo de riego 3 del Distrito de Riego 05 Delicias, Chihuahua y del módulo III-4 del Distrito de Riego 025 Bajo Río Bravo, Tamaulipas, así como con la generación de reportes impresos en formato de Excel, PDF y en mapas temáticos.

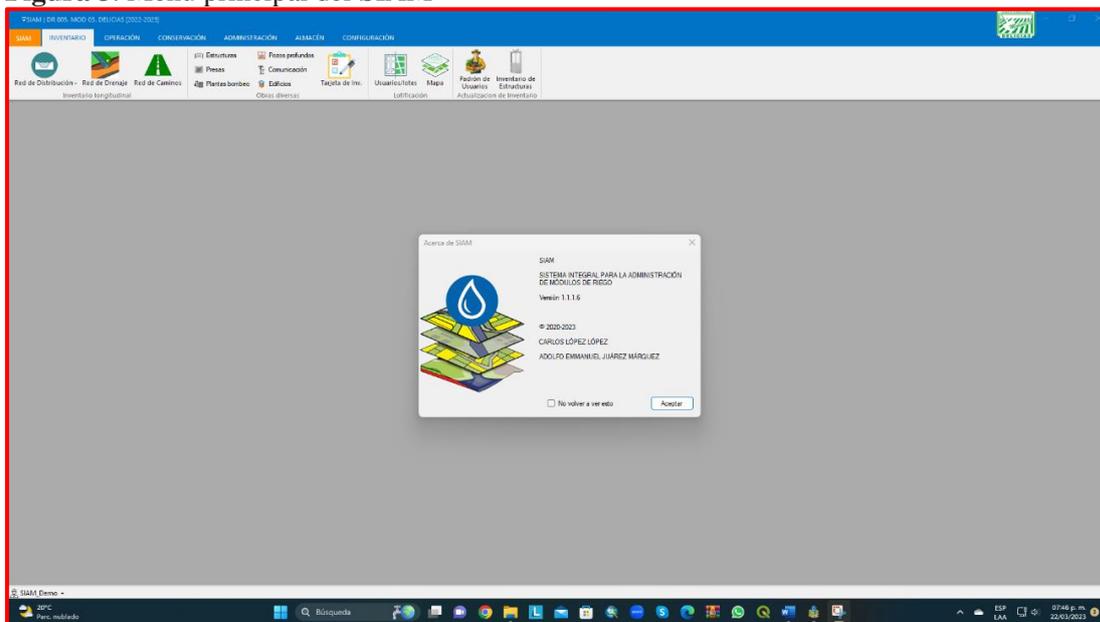
La información del manejo de la infraestructura hidroagrícola puede ser exportada en mapas que muestran la lotificación del módulo de riego, la infraestructura hidroagrícola del mismo (red de canales, red de drenaje, red de caminos, estructuras, etc.). En la Figura 2 se muestra el diagrama lógico estructurado que se utilizó para el diseño y programación del SIAM, en el cual se puede observar los cinco subsistemas que lo integran y sus respectivas rutinas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

El resultado final del presente trabajo es una plataforma digital, denominada SIAM, que permite automatizar grandes volúmenes de información para la gestión técnica y administrativa de los módulos de riego. El SIAM integra, de manera modular, las cinco áreas en que se organizan los módulos de riego en México: Inventario, Operación, Conservación, Administración e Ingeniería de Riego y Drenaje. Figura 3.

Figura 3. Menú principal del SIAM



Subsistemas que conforman el SIAM

El SIAM está diseñado en cinco subsistemas, a saber: subsistema inventario, subsistema operación, subsistema conservación, subsistema administración y subsistema IDRYD (Ingeniería de Riego y Drenaje). Cada subsistema integra los formularios, la información ingresada, calculada y sistematizada con una estructura lógica; la cual se muestra en pantalla, tiene un acceso rápido y una salida a periféricos (Archivos, impresoras y plotter); como se describe de forma detallada a continuación:

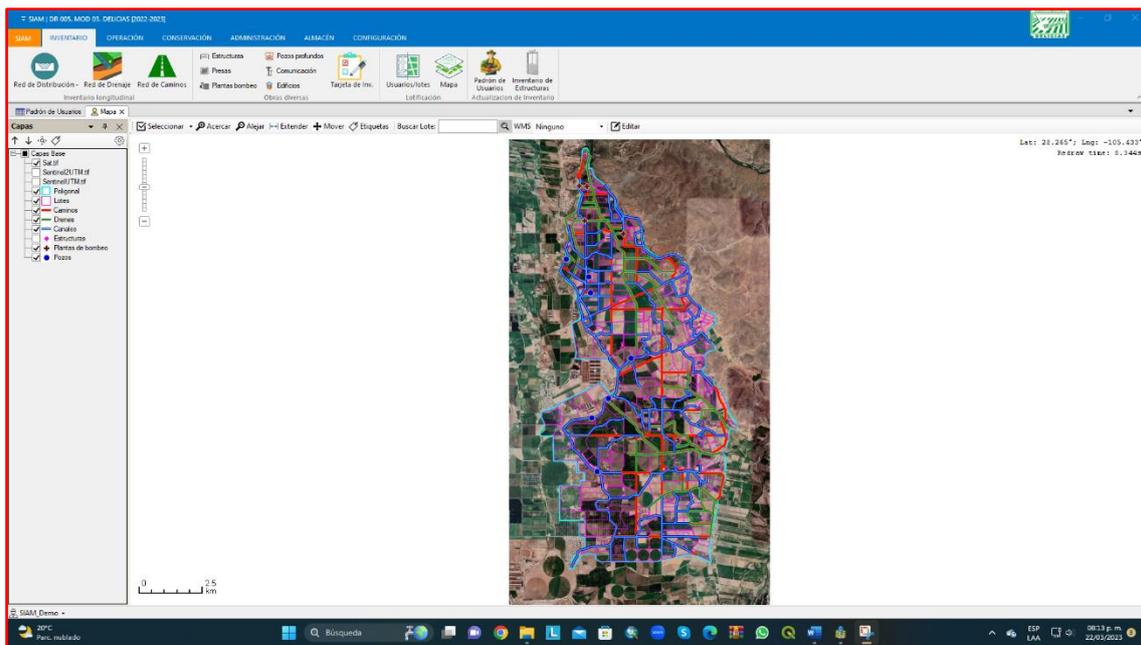
Subsistema Inventario

Permite generar y/o actualizar el plano base del módulo de riego compuesto por el Inventario Longitudinal (Red de distribución, Red de drenaje, Red de caminos); Estructuras y Obras Diversas (Estructuras, Presas, Plantas de bombeo, Pozos profundos, Red de Comunicación, Edificios, Tarjeta de Inventario); Lotificación (Padrón de usuarios, Mapa); Actualización de Inventario (Padrón de Usuarios, Inventario de Estructuras). La importancia de este subsistema se basa en el hecho que es aquí donde se genera, actualiza y se accede a los inventarios sobre el padrón de usuarios e infraestructura hidroagrícola que requieren el resto de las áreas del módulo de riego. Permite actualizar, agregar, editar, eliminar e imprimir en formato de Excel, PDF y formato de ESRI Shapefile. Las capas de información geográfica manipuladas en este subsistema tienen asociada una base de datos relacional de interés para el módulo de riego, la cual se puede utilizar para elaborar mapas temáticos de interés para cada área del módulo, así como para realizar consultas espaciales de interés por cada capa de información, también para agregar más campos de información conforme se trabaje el sistema en cada ciclo y subciclo agrícola. Figuras 4 y 5.

Figura 4. Subsistema inventario.

N	NO. INV	NOMBRE	POSICIÓN RELATIVA	INICIO			TÉRMINO			LONGITUD EFECTIVA (Km)	CONSERVACIÓN A CARGO DE	GASTO (Q) M/SEG	VELOCIDAD MEDIA (V) M/SEG	PENDIENTES	ÁREA (A)
				KM	LATITUD	LONGITUD	KM	LATITUD	LONGITUD						
1	100	DR05MG-CD100	RAMAL K-4+350 DEL SLK-4+957	PRINCIPALES	K-0-000	28° 10' 31.08"...	105° 20' 47.26"...	K-0-460	28° 10' 34.51"...	105° 20' 37.78"...	0.460	Módulo No. 03	0.158	0.56	0.0010
2	101-1	DR05MG-CD101-1	SUBLATERAL K-6+227 DEL LK-72+600	PRINCIPALES	K-0-000	28° 10' 42.27"...	105° 23' 16.67"...	K-1-515	28° 11' 18.71"...	105° 22' 55.09"...	1.515	Módulo No. 03	1.093	1.06	0.0014
3	101-2	DR05MG-CD101-2	SUBLATERAL K-6+227 DEL LK-72+600	PRINCIPALES	K-1-515	28° 11' 19.71"...	105° 22' 55.09"...	K-2-908	28° 11' 28.10"...	105° 22' 11.37"...	1.393	Módulo No. 03	0.790	0.90	0.0014
4	102	DR05MG-CD102	RAMAL K-0+084 DEL SLK-4+227	PRINCIPALES	K-0-000	28° 10' 44.76"...	105° 23' 15.37"...	K-0-490	28° 10' 40.45"...	105° 22' 40.83"...	0.990	Módulo No. 03	0.175	0.64	0.0012
5	103-1	DR05MG-CD103-1	SUBRAMAL K-8+180 DEL LK-72+600	PRINCIPALES	K-0-000	28° 11' 28.57"...	105° 23' 59.17"...	K-2-381	28° 11' 49.59"...	105° 22' 38.01"...	2.381	Módulo No. 03	0.330	0.67	0.0009
6	103-2	DR05MG-CD103-2	SUBRAMAL K-8+180 DEL LK-72+600	PRINCIPALES	K-2-381	28° 11' 49.59"...	105° 22' 38.01"...	K-2-530	28° 11' 54.48"...	105° 22' 36.64"...	0.149	Módulo No. 03	0.101	0.42	0.0011
7	104-1	DR05MG-CD104-1	RAMAL K-1+350 DEL SLK-11+179	PRINCIPALES	K-0-000	28° 11' 54.76"...	105° 22' 15.27"...	K-0-582	28° 11' 37.81"...	105° 22' 8.09"...	0.582	Módulo No. 03	0.181	0.55	0.0015
8	104-2	DR05MG-CD104-2	SUBLATERAL K-11+179 DEL LK-72+600	PRINCIPALES	K-0-000	28° 12' 20.12"...	105° 22' 51.18"...	K-1-975	28° 12' 1.27" N	105° 22' 11.44"...	1.975	Módulo No. 03	1.388	1.15	0.0015
9	104-3	DR05MG-CD104-3	SUBLATERAL K-11+179 DEL LK-72+600	PRINCIPALES	K-1-975	28° 12' 1.27" N	105° 22' 11.44"...	K-3+216	28° 11' 58.97" N	105° 21' 14.51"...	1.241	Módulo No. 03	1.131	1.10	0.0015
10	104-4	DR05MG-CD104-4	SUBLATERAL K-11+179 DEL LK-72+600	PRINCIPALES	K-3-216	28° 11' 58.97" N	105° 21' 14.51"...	K-5-004	28° 11' 28.89"...	105° 20' 20.84"...	1.788	Módulo No. 03	0.818	1.01	0.0015
11	104-5	DR05MG-CD104-5	SUBLATERAL K-11+179 DEL LK-72+600	PRINCIPALES	K-5-004	28° 11' 28.89"...	105° 20' 20.84"...	K-5-294	28° 11' 28.83"...	105° 20' 10.95"...	0.290	Módulo No. 03	0.241	0.60	0.0016
12	105	DR05MG-CD105	RAMAL K-1+912 DEL SLK-11+179	PRINCIPALES	K-0-000	28° 12' 1.66" N	105° 22' 0.72"...	K-0-800	28° 11' 34.38"...	105° 22' 0.29"...	0.800	Módulo No. 03	0.162	0.69	0.0016
13	106	DR05MG-CD106	RAMAL K-2+148 DEL SLK-11+179	PRINCIPALES	K-0-000	28° 12' 2.48" N	105° 21' 52.14"...	K-0-600	28° 12' 18.37"...	105° 21' 55.19"...	0.600	Módulo No. 03	0.123	0.48	0.0014
14	107-1	DR05MG-CD107-1	RAMAL K-2+435 DER. DEL SLK-11+179	PRINCIPALES	K-0-000	28° 12' 1.18" N	105° 21' 41.99"...	K-1-928	28° 11' 8.66" N	105° 21' 24.12"...	1.928	Módulo No. 03	0.159	0.68	0.0016
15	107-2	DR05MG-CD107-2	RAMAL K-2+435 DER. DEL SLK-11+179	PRINCIPALES	K-1-928	28° 11' 8.66" N	105° 21' 24.12"...	K-1-955	28° 11' 6.85" N	105° 21' 24.12"...	0.027	Módulo No. 03	0.203	0.60	0.0016
16	108	DR05MG-CD108	RAMAL K-2+435 DQ. DEL SLK-11+179	PRINCIPALES	K-0-000	28° 12' 1.74" N	105° 21' 51.91"...	K-0-945	28° 12' 18.41"...	105° 21' 36.48"...	0.945	Módulo No. 03	0.140	0.62	0.0013
17	109	DR05MG-CD109	RAMAL K-2+845 DEL SLK-11+179	PRINCIPALES	K-0-000	28° 12' 1.44" N	105° 21' 26.91"...	K-1-406	28° 12' 28.08"...	105° 21' 8.88"...	1.406	Módulo No. 03	0.159	0.68	0.0016
18	110	DR05MG-CD110	RAMAL K-3+200 DEL SLK-11+179	PRINCIPALES	K-0-000	28° 11' 59.01"...	105° 21' 14.48"...	K-0-801	28° 12' 3.52" N	105° 20' 48.03"...	0.801	Módulo No. 03	0.163	0.56	0.0009
19	111	DR05MG-CD111	RAMAL K-4+027 DEL SLK-11+179	PRINCIPALES	K-0-000	28° 11' 41.49"...	105° 20' 52.95"...	K-0-488	28° 11' 47.82"...	105° 20' 46.81"...	0.488	Módulo No. 03	0.162	0.32	0.0002
20	112	DR05MG-CD112	RAMAL K-4+325 DEL SLK-11+179	PRINCIPALES	K-0-000	28° 11' 38.12"...	105° 20' 42.81"...	K-0-711	28° 11' 28.54"...	105° 20' 40.42"...	0.711	Módulo No. 03	0.232	0.58	0.0008
21	113-1	DR05MG-CD113-1	SUBLATERAL K-12+213 DEL LK-72+600	PRINCIPALES	K-0-000	28° 12' 52.02"...	105° 22' 45.56"...	K-2+532	28° 13' 18.05"...	105° 21' 31.87"...	2.532	Módulo No. 03	0.933	0.89	0.0010
22	113-2	DR05MG-CD113-2	SUBLATERAL K-12+213 DEL LK-72+600	PRINCIPALES	K-2-532	28° 13' 18.05"...	105° 21' 31.87"...	K-4-720	28° 13' 59.67"...	105° 20' 56.58"...	2.188	Módulo No. 03	0.774	0.78	0.0008
23	113-3	DR05MG-CD113-3	SUBLATERAL K-12+213 DEL LK-72+600	PRINCIPALES	K-4-720	28° 13' 59.67"...	105° 20' 56.58"...	K-7+134	28° 15' 8.45" N	105° 21' 12.37"...	2.414	Módulo No. 03	0.668	0.72	0.0007
24	113-4	DR05MG-CD113-4	SUBLATERAL K-12+213 DEL LK-72+600	PRINCIPALES	K-7-134	28° 15' 8.45" N	105° 21' 12.37"...	K-10-102	28° 16' 5.51" N	105° 22' 17.28"...	2.968	Módulo No. 03	0.570	0.56	0.0004
25	113-5	DR05MG-CD113-5	QUIRITRAL K-17+171 DEL LK-72+600	PRINCIPALES	K-10-102	28° 16' 5.51" N	105° 22' 17.28"...	K-17-897	28° 16' 40.74"...	105° 19' 5.67"...	7.795	Módulo No. 03	0.473	0.48	0.0001

Figura 5. Lotificación del módulo de riego.



Subsistema operación

Este subsistema contempla los formularios que maneja el área de operación para dar seguimiento en campo y gabinete a las siembras, a los riegos, a las cosechas y las estadísticas que genera (estadísticas agrícolas, hidrométricas e índices de desempeño). Contempla rutinas tales como: Asignación de volúmenes, padrón de volúmenes, demanda semanal del riego, control hidráulico, padrón de riegos, registro diario del riego, avances del plan de riegos, informe de distribución de aguas, resumen de riegos por sección. Para las siembras contempla el padrón de siembras y el registro de siembras. Para las cosechas contempla el padrón de cosechas y el registro de cosechas. Las estadísticas agrícolas las calcula para el subciclo Otoño-Invierno (EA1), subciclo Primavera-Verano (EA2), Perennes (EA3) y el resumen anual (EA). Los resultados los imprime en formato de Excel, PDF y formato de ESRI Shapefile. Este subsistema permite almacenar las estadísticas agrícolas e hidrométricas por ciclo agrícola y por subciclo agrícola de todos los cultivos que se establecen en dicho ciclo; todo ello para posteriores requerimientos de información.

Las estadísticas agrícolas contempla la superficie sembrada, cosechada, rendimientos, producción, precio medio rural y el valor de la producción agrícola. Las estadísticas hidrométricas contempla el volumen bruto utilizado, el volumen neto utilizado y la eficiencia en el manejo del agua. Los índices de desempeño que calcula son la productividad bruta del agua, productividad neta del agua, la productividad media de la tierra, la Huella Hídrica Verde, Huella Hídrica Azul y la Huella Hídrica del Cultivo.

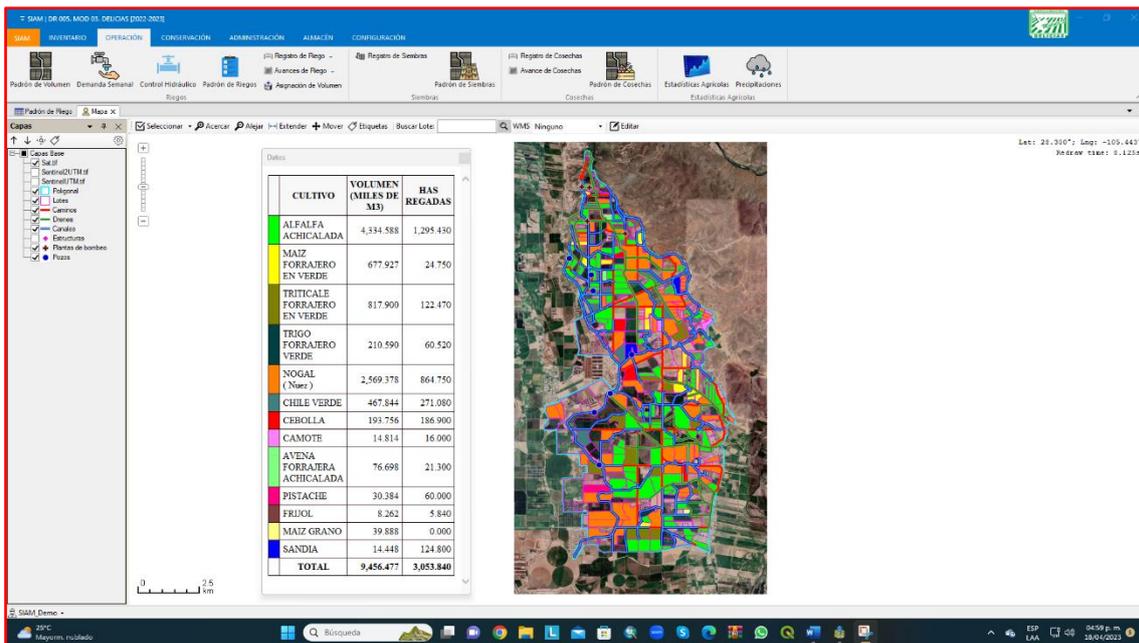
La información de campo es levantada en tiempo real mediante el sistema utilizando dispositivos electrónicos; tales como celulares, tabletas y laptop. Dicha información la se guarda en la nube y procesada de forma inmediata por el SIAM.

Cada una de las capas de información geográfica de este subsistema tiene asociada una base de datos relacional de interés para el módulo de riego, la cual se puede utilizar para elaborar mapas temáticos del área de operación y realizar consultas de interés por cada capa de información, así como para agregar más campos de información conforme se trabaje el sistema en cada ciclo y subciclo agrícola. Figuras 6 y 7.

Figura 6. Padrón de volúmenes por lote

SECC	SECC OP	LOTE	PRODUCTOR	SUP. REGIO(HA)	OTOÑO - INVIERNO (MILES DE M3)					PRIMAVERA - VERANO (MILES DE M3)				
					FILTROS	POZOS CI	BOMBEO CI	POZOS CI (2023)	TOTAL	PRESA	BOMBEO PV	VOLUMEN EXTRA	MODULO	
1	10	1049 ADOLFO CEPEDA NAVARRE...	00374 MIGUEL RAMIREZ SANCHEZ	9.4000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	84.600	0.000	0.000	0.0
2	12	1050 BERNARDO SALINAS LARA	00375 RAMIRO LARA MEDRANO	0.7833	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.050	0.000	0.000	0.0
3	10	1052 JAVIER GUTIERREZ OSOLLO	00337 GRANJA DEL NORTE	11.9300	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	107.370	0.000	0.000	0.0
4	10	1053 ROQUE ORCPEZA PARCELA...	00325 ROQUE ORCPEZA PARCELA ESCOLAR	1.5000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	13.500	0.000	0.000	0.0
5	10	1054 SUSANA DOLORES COVAR...	00335 SUSANA DOLORES COVARRUBIAS VILLALBA	1.2160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	10.944	0.000	0.000	0.0
6	10	1055 EDUWIGES MADRID GUEV...	00376 LUIS ENRIQUE MADRID LARA	1.1856	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	10.670	0.000	0.000	0.0
7	10	1106 ANDRES ESPARZA MORENO	00019 ANDRES ESPARZA MORENO	36.0500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	324.450	0.000	0.000	0.0
8	10	1107 VICTOR MANUEL VALDERR...	00187 VICTOR MANUEL VALDERRAN QUEVEDO	11.5000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	103.500	0.000	0.000	0.0
9	10	1108 S.P.R. DE R.L. GRANJA DEL...	00337 GRANJA DEL NORTE	21.7100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	195.390	0.000	0.000	0.0
10	10	1108-1 S.P.R. DE R.L. GRANJA DEL...	00337 GRANJA DEL NORTE	10.0220	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	90.198	0.000	0.000	0.0
11	10	1109 ANDRES ESPARZA MORENO	00019 ANDRES ESPARZA MORENO	37.3000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	335.700	0.000	0.000	0.0
12	10	1110-4 EVERARDO LUJAN SAENZ	00423 UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIHUAHUA	15.4500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	139.050	0.000	0.000	0.0
13	10	1110-8 EVERARDO LUJAN SAENZ	00423 UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIHUAHUA	10.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	90.000	0.000	0.000	0.0
14	10	1111 MANUELA RUBIO CHAVEZ	00042 MANUELA RUBIO CHAVEZ	22.4000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	201.600	0.000	0.000	0.0
15	10	1112 S.P.R. DE R.L. DELMAR DEL...	00068 DELCA GANADERA	24.0500	0.720	0.000	0.000	0.000	0.000	0.720	216.450	0.000	0.000	0.0
16	10	1113 DELMAR DEL NORTE DE DEL...	00068 DELCA GANADERA	22.1500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	199.350	0.000	0.000	0.0
17	10	1114-4 ROSA BAEZA GOMEZ	00433 CARLOS SANDOVAL BAEZA	4.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	36.000	0.000	0.000	0.0
18	10	1114-8 ROSA BAEZA GOMEZ	00433 CARLOS SANDOVAL BAEZA	8.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	72.000	0.000	0.000	0.0
19	10	1115 CARLOS SANDOVAL TARIN	00433 CARLOS SANDOVAL BAEZA	18.6000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	167.400	0.000	0.000	0.0
20	10	1115-4 CARLOS SANDOVAL TARIN	00440 CARLOS SANDOVAL BAEZA	4.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	36.000	0.000	0.000	0.0
21	10	1116-1 MARIO GOMEZ DOMINGUEZ	00237 MARIO GOMEZ DOMINGUEZ	5.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	45.000	0.000	0.000	0.0
22	10	1116-2 LUIS RAUL GOMEZ DOMI...	00215 LUIS RAUL GOMEZ DOMINGUEZ	6.2000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	55.800	0.000	0.000	0.0
23	10	1116-3 ANDRES GOMEZ DOMIN...	00020 ANDRES GOMEZ DOMINGUEZ	5.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	45.000	0.000	0.000	-45.0
24	10	1116-4 MARTHA RAMCK HERNAN...	00194 MARTHA RAMCK HERNANDEZ	4.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	45.000	0.000	0.000	-45.0
589				6,087.23	704.16	211.78	313.45	785.21	1,914.60	54,785.08	176.15	0.00	180.4	

Figura 7. Avance de riegos.



Subsistema conservación

Este subsistema permite calcular el Salario Real del personal de Conservación, los Costos Horarios de la Maquinaria y Equipo de Conservación. Permite elaborar los formularios que integran el **anexo 3 de conservación**; el cual esta conformado por el diagnóstico de necesidades de conservación de la infraestructura hidroagrícola, las necesidades de conservación normal, las

necesidades de conservación diferida, el programa de conservación, el programa de conservación de trabajos no programados, el programa anual de los trabajos de conservación, el programa de actividades y los conceptos de trabajo. Permite elaborar los formularios del **anexo 4 de conservación** conformados por el inventario de la maquinaria, los costos de la maquinaria y el balance de maquinaria. Permite elaborar los formularios del **anexo 5 de conservación** conformados por el programa de Utilización de la maquinaria, el seguimiento al programa de Utilización de maquinaria y el balance de maquinaria. Por otro lado, permite elaborar los formularios del **anexo 6 de conservación** que lo integran la memoria descriptiva de los trabajos de conservación, el avance de obras y alcance de metas, los avances del programa de Utilización de maquinaria, los avances del mantenimiento de maquinaria y las bitácoras de la maquinaria. Finalmente este subsistema permite la generación de reportes, tanto en formatos PDF, Excel® como en Formato ESRI Shapefile.

En este subsistema la interfaz permite llevar el seguimiento temporal y espacial a los trabajos de conservación de la infraestructura hidroagrícola del módulo de riego y generar los planos temáticos de interés; todo ello mediante el levantamiento de información en campo sobre el avance de los trabajos de conservación por máquina mediante el llenado de las bitácoras diarias por medio de celulares, laptop o tabletas. Por otro lado, este subsistema ahorra mucho tiempo y mano de obra al permitir calcular los salarios reales de la mano de obra, las prestaciones de ley a los trabajadores, así como el costo horario de las máquinas de conservación; todo ello sin necesidad de contar con los software especializados en dichos cálculos.

El subsistema de conservación muestra el avance de los trabajos de las máquinas en mapas temáticos que puede ser mostrado en forma continua y en los intervalos de tiempo en que se vaya recibiendo la información de campo. En dichos mapas temáticos se compara el programa de trabajo contra lo ejecutado para cada concepto de trabajo programado, lo cual permite comparar los trabajos realizados y programados. Figuras 8 y 9.

Subsistema administración

Este subsistema permite llevar el control de la recaudación del módulo de riego, realizar la facturación de los ingresos, elaborar las nóminas de los trabajadores y la contabilidad del módulo mediante el sistema de cuentas previamente autorizadas por la Comisión Nacional del Agua. Las rutinas contempladas en la Recaudación son: Estado de cuenta, balance de riegos, proyección de los ingresos, cálculo de cuotas, adeudos anteriores, órdenes de maquinaria y taller, otros adeudos, créditos y el historial de pagos. Las rutinas contempladas en la facturación son: Información fiscal de los clientes, elaborar facturas, perfil del emisor, claves de productos Fiscales y unidades, conceptos de facturación. Las rutinas contempladas en las nóminas son: Recibos de nóminas, cálculo de nóminas, empleados, percepciones, deducciones, prestamos personales y créditos INFONAVIT. Las rutinas contempladas en la Contabilidad son: Pólizas de ingresos, pólizas de egresos, pólizas de diario, balance general, estado de resultados y balances de comprobación.

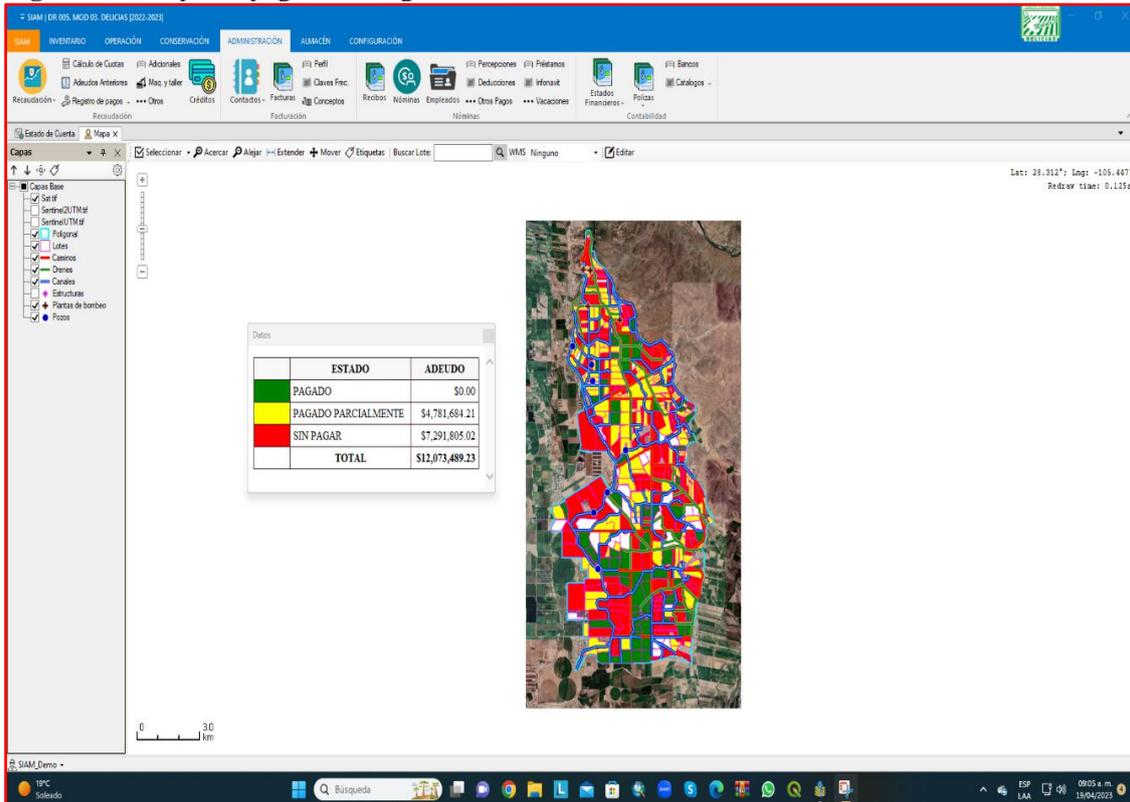
Este subsistema es útil para la programación de la recaudación de cuotas diversas en cada ciclo agrícola, para darle el seguimiento a los pagos por servicio de riego, así como los pagos por otros servicios que preste el módulo, generar los reportes y planos de lotes autorizados para regar, generar los avances en la recaudación, tanto en dinero como en superficie, llevar un control de deudores diversos y los créditos que autoriza. Finalmente el subsistema permite generar reportes impresos en formato de Excel®, PDF y formato de ESRI Shapefile.

La importancia de este subsistema del SIAM radica en la generación de mapas administrativos temáticos, que permiten visualizar de forma espacial los avances en la recaudación, detectar deudores, autorizar lotes para suministrar el servicio de riego; así como concatenar los reportes administrativos con los reportes técnicos, con la finalidad de encontrar pendientes de facturar o comprobar. Sin duda, este subsistema del SIAM permitirá a los módulos de riego realizar una administración transparente y contribuir a la rendición de cuentas en su ejercicio. Figuras 10 y 11.

Figura 10. Subsistema Administración.

SECCIÓN	LOTE	USUARIO	PRODUCTOR	SUPERFICIE FISICA (HAS)	SUPERFICIE RIEGO (HAS)	FILTROS	POZOS O/AH0	BOMBO O1	POZOS O1 (2023)	SERVICIO DE RIEGO AGRICOLA	BOMBO PV
10	1049	ADOLFO CEPEDA NAVARRETE	00374 MIGUEL RAMIREZ SANCHEZ	9.4000	9.4000	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$21,150.00	\$0.00
12	1050	BERNARDO SALINAS LARA	00375 RAMIRO LARA MEDRANO	0.7833	0.7833	\$0.00	-\$320.00	\$0.00	\$0.00	\$7.50	\$0.00
10	1052	JAVIER GUTIERREZ OSOLLO	00337 GRANIA DEL NORTE	11.9300	11.9300	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
10	1053	ROQUE OROPEZA PARCELA ESCOLAR	00325 ROQUE OROPEZA PARCELA ESCOLAR	1.5000	1.5000	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$3,375.00	\$0.00
10	1054	SUSANA DOLORES COVARRUBIAS VILLAL	00355 SUSANA DOLORES COVARRUBIAS...	1.2160	1.2160	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$12.50	\$0.00
10	1055	EDUWIGES MADRID GUEVARA	00376 LUIS ENRIQUE MADRID LARA	1.1856	1.1856	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1,670.00	\$0.00
10	1106	ANDRES ESPARZA MORENO	00019 ANDRES ESPARZA MORENO	36.0500	36.0500	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$81,112.50	\$0.00
10	1107	VICTOR MANUEL VALDEERRAIN QUEVEDO	00367 VICTOR MANUEL VALDEERRAIN QUL...	16.4400	11.5000	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$25,875.00	\$0.00
10	1108	S.P.R.DE R.L. GRANIA DEL NORTE	00337 GRANIA DEL NORTE	21.7100	21.7100	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
10	1108-1	S.P.R.DE R.L. GRANIA DEL NORTE	00337 GRANIA DEL NORTE	10.0220	10.0220	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$5.00	\$0.00
10	1109	ANDRES ESPARZA MORENO	00019 ANDRES ESPARZA MORENO	37.3000	37.3000	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
10	1110-A	EVERARDO LUJAN SAENZ	00428 UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHL...	15.4500	15.4500	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
10	1110-B	EVERARDO LUJAN SAENZ	00428 UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHL...	10.0000	10.0000	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
10	1111	MANUELA RUBIO CHAVEZ	00342 MANUELA RUBIO CHAVEZ	22.4000	22.4000	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
10	1112	S.P.R. DE R.L. DELMAR DEL NORTE DE DEL...	00068 DELCA GANADERA	24.1000	24.0500	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
10	1113	DELMAR DEL NORTE DE DELICAS SA DE CV	00068 DELCA GANADERA	22.1500	22.1500	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
10	1114-A	ROSA BAEZA GOMEZ	00493 CARLOS SANDOVAL BAEZA	4.1000	4.0000	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
10	1114-B	ROSA BAEZA GOMEZ	00493 CARLOS SANDOVAL BAEZA	8.0000	8.0000	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
10	1115	CARLOS SANDOVAL TARIN	00493 CARLOS SANDOVAL BAEZA	18.6000	18.6000	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
10	1115-A	CARLOS SANDOVAL TARIN	00480 MARIO SANDOVAL BAEZA	4.0000	4.0000	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$9,000.00	\$0.00
10	1116-1	MARIO GOMEZ DOMINGUEZ	00257 MARIO GOMEZ DOMINGUEZ	5.0000	5.0000	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$11,250.00	\$0.00
10	1116-2	LUIS RAUL GOMEZ DOMINGUEZ	00215 LUIS RAUL GOMEZ DOMINGUEZ	6.2000	6.2000	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$12,950.00	\$0.00
10	1116-3	ANDRES GOMEZ DOMINGUEZ	00020 ANDRES GOMEZ DOMINGUEZ	5.0000	5.0000	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$11,250.00	\$0.00
10	1116-4	MARTHA RAMOS HERNANDEZ	00259 MARTHA RAMOS HERNANDEZ	5.0000	5.0000	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$11,250.00	\$0.00
10	1117	HORACIO GONZALEZ DE LAS CASAS	00469 SANTA LUCIA PISTACHERA	15.2500	15.1500	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$18,305.00	\$0.00
				6,501.87	6,088.40	\$202,285.00	\$10,840.00	\$17,142.30	\$153,900.80	\$9,069,337.50	\$49,437.45

Figura 11. Mapa de pagos del riego



Subsistema IDRYD (Ingeniería de riego y drenaje)

El Subsistema IDRYD del SIAM integra la información técnica con que cuenta el Distrito de Riego para el módulo en cuestión. La cual permite apoyar los trabajos de tecnificación y modernización del riego y la infraestructura del módulo. En este subsistema se considera información técnica referente a las series y clases de los suelos, las texturas, la salinidad del suelo, la freaticimetría y la calidad del agua del nivel freático.

Con dicha información el módulo de riego podrá elaborar las necesidades de recuperación de suelos ensalitrados, las necesidades de la instalación del drenaje agrícola subterráneo, la nivelación de tierras y poder generar la información de los requerimientos de riego de los cultivos para la aplicación del agua en forma volumétrica.

En términos generales este subsistema contempla rutinas aglomeradas en 5 grupos, a saber: Agrología, calidad del agua, freaticimetría, salinidad analizada y texturas. Con esta temática del área técnica se facilita la consulta para cada variable técnica en cuestión en cada lote del módulo de riego; es decir, para saber que series de suelos presentan, la calidad del agua del nivel freático que existe, los niveles de agua en el subsuelo, la salinidad del suelo por estrato de profundidad y la textura que presenta cada lote de interés. Las consultas y los mapas técnicos pueden ser impresas en planos temáticos mediante el uso de los archivos ESRI shapefile y el Sistema de Información Geográfico QGIS 3.22 o superior.

La importancia de este subsistema del SIAM radica en que se puede ver la distribución espacial y temporal de las variables técnicas de los terrenos agrícolas del módulo de riego, para su correlación con los requerimientos de tecnificación del riego, la infraestructura hidroagrícola, los rendimientos de los cultivos, las necesidades de la instalación de drenaje agrícola subterráneo, la nivelación de tierras y la recuperación de suelos ensalitrados. Por otro lado, dichas variables técnicas son el soporte para la operación de los módulos de riego con el establecimiento de cuotas volumétricas en sustitución de las cuotas por hectárea física, con lo cual se contribuirá al uso eficiente, racional e integral del recurso agua.

Figuras 12 y 13.

Figura 12. Subsistema IDRYD.

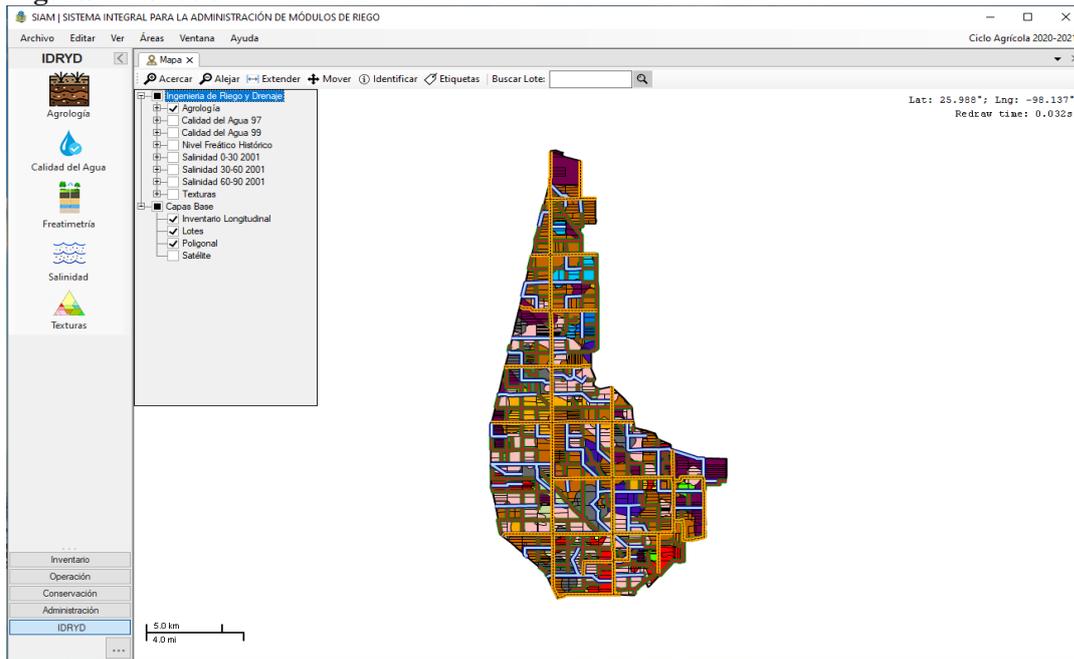
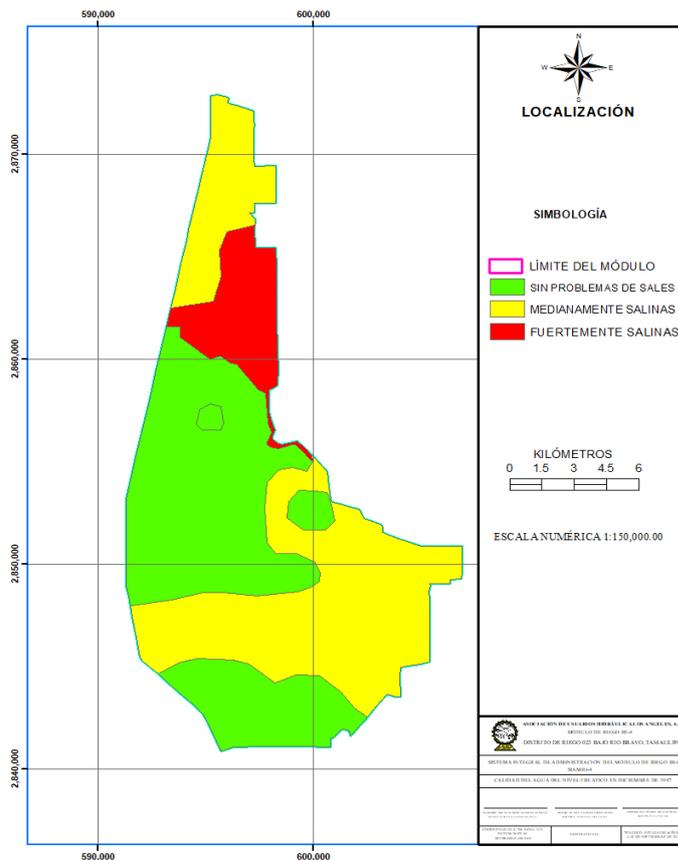


Figura 13. Calidad del agua del nivel freático.



La importancia del “Sistema Integral para la Administración de Módulos de Riego, SIAM”, consiste en que es una herramienta práctica integradora de las actividades que realizan los

módulos de riego de forma económica, rápida, eficiente y sin errores. La interfaz del SIAM es bajo el ambiente Window, por lo que el usuario tiene el dominio de la información y acceso a los 5 subsistemas que lo compone.

Subsistema almacén

El subsistema almacén permite llevar un control adecuado de las Entradas y Salidas de los materiales, herramienta, insumos, combustibles y mas activos del módulo de riego. Las rutinas contempladas en el apartado de Entradas son: Inventario, requisiciones, ordenes de compra y entradas de combustibles. Las rutinas contempladas en el apartado de Salidas son: Salidas del almacén, salidas de combustibles, vales de gasolina y prestamos.

Este subsistema es útil para realizar un manejo transparente y eficiente de los recursos materiales que adquiere el módulo de riego y así evitar los malos manejos que puede hacerse mediante el procedimiento tradicional del manejo de almacenes. Principalmente el manejo de entradas y salidas de gasolina y diesel para operar la maquinaria y vehículos del módulo es de suma importancia hacerlo de forma eficiente y controlada; la inversión en este rubro es flerte cada ciclo agrícola; otro apartado de suma importancia son las entradas y salidas de refacciones y herramientas para las diversas máquinas y equipos que usa el módulo de riego para realizar la operación, conservación y mantenimiento de toda la infraestructura hidroagrícola. Finalmente el subsistema permite generar reportes impresos en formato de Excel® y PDF.

DISCUSIÓN

Con el avance de la tecnología, se han sistematizado procesos más bien técnicos dirigidos al uso eficiente de los recursos sobre todo naturales, como el agua, la energía y en general como se plasma en Ojeda et al. (2007). Así mismo, se puede representar de manera gráfica, en forma de mapas digitales, los padrones de usuarios y sus estados de cuenta para un módulo de riego, los cuales pueden ser georreferenciados (Mejía et al., 2003). Sin embargo, con el SIAM a partir del manejo de información necesaria para la planeación anual, la ejecución en tiempo real y la generación de informes mensuales y periódicos de las áreas de operación, conservación, administración e ingeniería de riego y drenaje se logra el uso eficiente del tiempo, al reducir las

horas hombre, horas máquinas, equipos y herramientas, que a la postre se transforma en ahorro económico y eliminación de errores atribuibles al ser humano.

A pesar de los diversos avances en la tecnología, no se han abordado de manera integral la automatización de las actividades de distritos de riego, la conservación de la infraestructura hidroagrícola, la administración de los recursos económicos y la ingeniería de riego, sino apenas de actividades parciales (Martínez et al., 2020). Con el uso de la plataforma del SIAM actividades de operación, conservación, administración y modernización de los módulos de riego será posible llevarla en tiempo real, de forma espacial-temporal para lograr una administración integral, sustentable y racional de los recursos hídricos, económicos y materiales.

Con el calentamiento global provocado por causas naturales y antropogénicas, se ha modificado el sistema climático, dando como resultado una serie de variaciones de la temperatura, la precipitación y los escurrimientos superficiales, así como fenómenos meteorológicos extremos; por tal razón, se tiene la necesidad de generar indicadores que permitan identificar y cuantificar la productividad del agua, de la tierra y determinar la huella hídrica de los cultivos en los módulos de riego, con la finalidad de precisar los orígenes de la contaminación del agua y las fuentes. Con la información que se genera en el subsistema operación del SIAM se calculan los índices sobre eficiencia del manejo de agua de riego, el índice de productividad del agua y el índice de la productividad media de la tierra. Además, también genera las estadísticas agrícolas de los módulos de riego por ciclo agrícola, subciclo agrícola y por tipo de cultivo, tanto para el sector social, como el privado, con riego y sin riego. Lo anterior representa una ventaja para mantener actualizada la base de datos de forma continua, eficiente y segura del funcionamiento de los módulos de riego, tanto del padrón de usuarios, como la infraestructura hidroagrícola.

La mayoría de las plataformas de Sistemas de Información Geográfica que se han desarrollado hasta la actualidad por diferentes investigadores solo contempla un área de interés de los módulos de riego; la que hoy presentamos los autores del presente trabajo contempla todas las áreas de un módulo de riego (Inventario, Operación, Conservación, Administración, Modernización, IDRYD y Almacén), y las concatena para reducir los tiempos de respuesta; así como para evitar los errores atribuibles al ser humano.

La plataforma digital del SIAM moderniza y eficientiza la forma de levantar la información que se genera en campo mediante el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (tablets, laptops y celulares); dejando atrás la forma tradicional que utiliza formatos impresos para la captura de información de campo. Por otro lado, el manejo de la información generada en campo, gabinete y procesada por el SIAM se aloja en la nube, a diferencia de otras plataformas que siguen utilizando los medios locales de almacenamiento.

CONCLUSIONES

La programación, ejecución y el seguimiento de las diversas actividades de un módulo de riego mediante la Plataforma Digital denominada Sistema Integral para la Administración de Módulos de Riego, SIAM, permite el ahorro sustantivo de tiempo, personal, materiales y la disminución de los errores atribuibles al ser humano; ya que es una herramienta computacional útil para el uso y manejo eficiente del agua en los módulos de forma integral, sustentable y racional; con lo cual se contribuye a la rendición de cuentas y la gobernanza del agua. Por lo que su aplicación, será una contribución en la transición hacia la gobernanza del agua en los módulos de riego de México. El levantamiento de la información que generan los módulos de riego en campo (Demanda del riego, riegos, siembras, cosechas, bitácoras de la maquinaria, precipitación, etc); es mas eficiente mediante el uso de las Tecnologías de Información y la Comunicación en dispositivos electrónicos, que el uso tradicional de formularios impresos.

El almacenamiento de datos generados por la Plataforma Digital del SIAM en la nube permite hacerle frente a los problemas de las emergencias sanitarias (Sar_Cov2), ambientales, meteorológicas, sociales y políticas; ya que no es necesario estar físicamente en las oficinas de los módulos de riego para poder darle seguimiento a las diversas actividades de cada área.

El desempeño de los módulos de riego puede ser evaluado mediante las estadísticas agrícolas, los índices de desempeño y las huellas hídricas de los cultivos, que genera la Plataforma Digital del SIAM para cada subciclo y ciclo agrícola.

La transparencia y la rendición de cuentas de los recursos económicos que generan las Asociaciones Civiles de Usuarios (ACUs) y las Sociedades de Responsabilidad Limitada de Interés Público (SRL de IP); puede hacerse mediante el uso de la Plataforma Digital del SIAM.

LISTA DE REFERENCIAS

- Altamirano, A. A., Valdez-Torres, J. B., Valdez-Lafarga, C., León-Balderrama, J. I., Betancourt-Lozano, M. y Osuna-Enciso, T. 2017. Clasificación y Evaluación de los distritos de riego en México con base en indicadores de desempeño. *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. VIII, núm. 4, p.p. 79-99. DOI: <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-04-05>
- Cisneros, C. A. J., Guevara-García, A. F., Urdánigo-Cedeño, J. J. y Garcés-Bravo, J. E. 2022. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos que apoyan a la investigación científica en tiempo de pandemia. *Revista Científica Dominio de las Ciencias*, Vol. 8, Núm. 1, pp. 1165-1185. DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i41.2546>
- Johnson, L. E. 2016. *Geographic Information Systems in Water Resources Engineering*. Editor CRC Press, Taylor and Francis Group. Florida, USA. <https://www.taylorandfrancis.com>
- Li, M., Fu, Q., Singh, V.P., Liu, D., Li, T., Zhou, Y., 2020. Managing agricultural water and land resources with tradeoff between economic, environmental, and social considerations: A multi-objective non-linear optimization model under uncertainty. *Agric. Syst.* 178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102685>
- Martínez, M. J. G., Mejía-Sáenz, E., Chávez-Morales, J. y Salgado-Tránsito, J. A. 2020. Plataforma geoespacial en línea para la recaudación de la cuota de riego. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 11(7). 1495-1509. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i7.2129>
- Montesillo, J. L. y Puchet, A. M. 2000. Requerimientos de un sistema de información para modelar ofertas y demandas de agua de tres segmentos de usuarios. *Ingeniería Hidráulica en México*, 15 (3). 65-79. DOI: <http://hdl.handle.net/20.500.12013/751>
- Mundo, M. M. y Martínez A.P. 1997. Sistema computacional para la distribución eficiente del agua en distritos de riego, SICODE, V2.1. *Ingeniería Hidráulica en México*. 2, 29-36. DOI: [10.4995/ia.2002.2614](https://doi.org/10.4995/ia.2002.2614)
- Mundo, M. M. D y Martínez-Austria, P. 2002. Sistema computarizado para la gestión del agua en sistemas de riego por gravedad en México. *Ingeniería del agua*, 9(2), 171-181. DOI: DOI: <https://doi.org/10.4995/ia.2002.2614>

- Mejía, S. E., Exebio-García, A., Palacios-Vélez, E., Santos-Hernández, A. L. y Delgadillo-Piñón, M. E. 2003. Mejoramiento del manejo de distritos de riego y módulos de riego utilizando sistemas de información geográfica. *Terra Latinoamericana*, 21 (4). 513-522.
DOI: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57321407.pdf>
- Ojeda, B. W., González-Camacho J.M., Sifuentes-Ibarra E., Isidro E. and Rendón-Pimentel L. 2007. Using Spatial information systems to improve water management in Mexico. *Agricultural Water Management*, 89 (1-2). 81-88.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.11.002>
- Palerm Viqueira, J., 2020. Caracterización de los módulos de los distritos de riego y presencia de organizaciones locales. *Región Y Soc.* 32, e1335.
DOI: <https://doi.org/10.22198/rys2020/32/1335>
- Ramírez, S. A. S., Ibarra-Armenta, C. I. y Leos-Rodríguez, J. A. 2021. Evaluación de la administración de la infraestructura de riego por parte de Asociaciones de Usuarios de Módulos de Riego: El caso de Culiacán 010; módulos I-3 y IV-3, 2011-2017. *Acta Universitaria*, I volumen, 31. DOI: <https://doi.org/10.15174/au.2021.2807>
- Reyes, M. A., Castro-Ramírez, J. C. y Martínez-Atilano, G. 2019. Transferencia y Conservación de la Infraestructura hidroagrícola en el Alto Río Lerma, Guanajuato. *Entreciencias*, 7 (20), p.p. 65-76. DOI: <https://revistas.unam.mx/index.php/entreciencias>
- Salcedo, B. I. (2005). En busca de la organización después de la transferencia de los distritos de riego en México. *Revista de Geografía Agrícola*, (35), 151-160.
DOI: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75703508>
- Velasco, I., Robles B. y Jaimes S. 1996. Transferencia y adaptación de un sistema de información geográfica a asociaciones de usuarios de distritos de riego transferidos. *Ingeniería Hidráulica en México*, 11 (2), 33-47. DOI: <http://hdl.handle.net/20.500.12013/1270>
- Zamudio, G. B., López-Pérez, L., Alcantar-González, G., Gonzáles-Eguiarte, D.R., Ruíz-Corral, J. A. y Castaños, J. Z. 2004. Delimitación de áreas salinas en el Distrito de Riego de Caborca, Sonora, México. *Terra Latinoamericana*, vol. 22, núm. 1, p.p. 91-97.
DOI: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311208010>