

Memoria **2017** **2019**



SAIH-TAJO



SAIH_TAJO





Edita: U.T.E. SAIH-TAJO 2012 (SICE S.A. y OFITECO S.A. en U.T.E.)

Diseño y Maquetación: Nilo Industria Gráfica, S.A.

Impresión: Nilo Industria Gráfica, S.A.

Depósito Legal: M-27472-2019

PRESENTACIÓN	4
INTRODUCCIÓN	8
1. Origen y desarrollo del SAIH	11
2. Objetivos del SAIH	13
HIDROLOGÍA	14
1. Informes de pluviometría	15
1.1. Informes mensuales de pluviometría	15
1.2. Informes de avenidas	17
2. Control y análisis de la nieve	34
3. Control y análisis de los riegos	37
4. Control y análisis de embalses	41
5. Balance del año hidrológico	43
6. Control y análisis de los caudales circulantes	44
6.1. Equipos de aforos	44
6.2. Aforo dinámico	47
6.3. Aforo estacionario	48
7. Informe del estado general de la cuenca	51
8. Informe del plan especial de sequía	53
9. Batimetrías de embalses	56
10. Estaciones de calidad de agua	62
11. Water Information System Kisters (WISKI)	64
12. Predicciones HARMONIE-AROME	66
13. Predicciones ensembles EPS	68
14. GILMODEL OPENDA	70
15. Mantenimiento y actualización FEWS	71
16. Informes diarios	73
17. Mejora de los modelos matemáticos de predicción	76
17.1. Información Topográfica	76
17.2. NAM: Modelos Hidrológicos	76
17.3. MIKE 11: Modelos Hidráulicos	79
17.4. MIKE 11-DA: Data Assimilation	81
MANTENIMIENTO	84
1. Antecedentes	84
2. Actividades de mantenimiento	84
3. Resumen actuaciones realizadas en mantenimiento	86
3.1. Actuaciones realizadas en Embalses	88
3.2. Actuaciones realizadas en Aforos en Río	90
3.3. Actuaciones realizadas en Aforos en Canal	92
3.4. Actuaciones realizadas en Impulsiones	93
3.5. Actuaciones realizadas en Marcos de Control	93
3.6. Actuaciones realizadas en Pluviómetros	94
3.7. Actuaciones realizadas en Pluvionivómetros	96
3.8. Actuaciones realizadas en Nivómetros	97
3.9. Actuaciones realizadas en Puntos de Presentación de Datos	97
3.10. Actuaciones realizadas en Centros de Explotación	97
4. Campañas de Mantenimiento	99
4.1. Campaña de pluviometría	99
4.2. Campaña de revisión de aforadores	101
4.3. Campaña de revisión de nivómetros	102
4.4. Campaña de revisión de grupos electrógenos	103
4.5. Campaña de instalación de elementos de desratización y ahuyentadores de roedores	104
4.5.1. Instalación de ahuyentadores de roedores	104
4.6. Campaña de revisión de los detectores de posición de compuerta en embalse y/o azud	105
4.7. Campaña de riegos	106
4.8. Campaña de calibración de niveles de embalse	110
4.9. Campaña de revisión de cámaras	112
4.10. Campaña de revisión de estaciones de calidad de aguas (ECA)	114
5. Otras actuaciones de Mantenimiento	115
5.1. Impermeabilización de techo en casetas	115
5.1.1. P_06 reparación de techo de caseta	115
5.2. Pintura interior de paredes, techo y suelo de casetas	117
5.2.1. PN51 (pintura de casetas)	117
5.3. Daños sufridos por vandalismo (AC16)	119
5.4. Protección de sensores de caudalímetro (AC16)	120
5.5. Refuerzo de Anclajes de Tubos en los Limnímetros	122
5.6. Cambio de ubicación de sonda (AC17)	123
SISTEMAS COMUNICACIONES	126
1. Ampliación y cambio de ubicación de la base de datos históricos	127
1.1. Situación inicial	127
1.2. Desarrollo de los trabajos	127
1.2.1. Hardware	128
1.2.2. Ejecución de los trabajos	128
1.3. Situación final	139
2. Modernización del cableado y equipamiento de comunicaciones de la sala SAIH	130
2.1. Antecedentes	130
2.2. Alcance de los trabajos	131
2.2.1. Reemplazo del cableado	131
2.3. Reemplazo de los SWITCH	133
2.4. Testeo de las nuevas conexiones	133
2.5. Sustitución del armario de comunicaciones	134
3. El viaje de los datos del SAIH	134
3.1. Tipos de datos a gestionar	134
3.2. Estaciones remotas	135
3.3. Petición de datos por parte del SCADA	137
3.4. Ruta de los datos	139
3.5. Almacenamiento de datos históricos	139
4. Estadísticas de la utilización de la web de escritorio del SAIH del Tajo	139
5. Integración de subaplicaciones web para visualización de datos del Tajo Medio y de riegos	144
5.1. Control eje medio del Tajo	145
5.2. Control de riegos	147
5.3. Caudales ecológicos	151
6. Virtualización de equipos desactualizados pero necesarios	152
6.1. Objetivo de la actuación	152
6.2. Alcance de los trabajos	153
6.2.1. Equipos migrados	156
6.2.2. Equipos anfitrión (Host)	158
6.3. Avance de los trabajos	160
6.4. Esquemas	160

Vista de la Presa de Aldeanueva



PRESENTACIÓN

Presentación

Finaliza este periodo 2017-2019 del vigente contrato de mantenimiento, conservación y explotación del SAIH de la cuenca del Tajo, y seguimos realizando los trabajos habituales que garantizan el correcto funcionamiento del sistema.

Estos trabajos se centran en mantener operativos los más de 3.000 sensores existentes repartidos en todo el ámbito territorial de la cuenca, que generan cada 15 minutos más de 15.000 variables, directas y calculadas, que gracias a los distintos elementos que conforman la red informática del SAIH, permiten poner a disposición de todos los usuarios la información en tiempo real a través de la red de comunicaciones vía satélite.

Además de los aspectos comentados, una vez recibidos los datos hay que proceder a la comprobación y validación de la información y a la generación de resultados para la explotación, tanto ordinaria como extraordinaria de la cuenca. Esto se materializa con la ejecución de los distintos informes que periódicamente se elaboran desde el Centro de Control de Cuenca (CCC).

Un aspecto importante, que se encuentra actualmente en desarrollo, es el relacionado con el Sistema de Ayuda a la Decisión (SAD) y que se convertirá en los próximos años en una herramienta fundamental para la explotación de la cuenca.

Asimismo el nuevo ciclo de Planificación Hidrológica implicará nuevas necesidades en cuanto al control de nuevos puntos de medida que habrá que ir previendo su incorporación progresiva a la red automática existente. También se afrontará en los próximos años la integración de las distintas redes existentes en el Organismo, red **SAIH** (Sistema Automático de Información Hidrológica), red **SAICA** (Sistema Automático de Información de la Calidad de las Aguas), red **ROEA** (Red Oficial de Estaciones de Aforo) y red de **Piezometría**.

Todos estos trabajos es posible ejecutarlos gracias a los contratos de mantenimiento y conservación del SAIH, que han existido hasta la fecha y a todo el personal implicado en ello, tanto de la propia administración como de las distintas empresas colaboradoras y Servicios de la Confederación.

En la presente memoria se presentan las principales actividades desarrolladas durante el periodo 2017-2019, en el mantenimiento de los equipos, en las comunicaciones vía satélite, en las aplicaciones informáticas que soportan toda la información del sistema, en todos los trabajos hidrológicos e hidráulicos desarrollados y por supuesto en la explotación conjunta de todo el Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH) de la cuenca del Tajo,

José Antonio Hinojal Martín
Jefe de Área de Hidrología





Vista del Río Cuerpo de Hombre

Río Tajo a su paso por Malpica



INTRODUCCIÓN



La cuenca del Tajo se caracteriza por tener un clima mediterráneo continental, lo que se traduce en la existencia de una estación seca bien definida con oscilaciones térmicas muy marcadas, provocando escasez de precipitaciones y altas temperaturas estivales. La pluviometría se distribuye de manera muy diferenciada, los valores más altos se alcanzan en los bordes montañosos occidentales mientras que los mínimos se registran en el entorno de la ciudad de Toledo (<400 mm). La precipitación media anual es de 636 mm aproximadamente.

El río más importante de la cuenca, es el Tajo, que discurre desde la Sierra de Albarracín hasta el estuario del mar de la Paja junto a Lisboa en Portugal, por el centro del Macizo Hespérico en una distancia total de 1 100 Km, 857 Km en la parte española (recogiendo las aguas drenadas por su cuenca vertiente) y 43 Km haciendo frontera con Portugal. La cuenca del Tajo queda encajada entre la cordillera Central, al norte; los Montes de Toledo y Sierra de Montánchez al sur y las Montañas Ibéricas (Serranía de Cuenca y Sierra de Albarracín), al este. El límite occidental, por lo que se refiere al ámbito nacional español, está constituido por los ríos Tuerco, Erjas y Séver que fijan la frontera con Portugal.

La red de tributarios del Tajo es muy diferente, en la margen derecha están los que aportan caudales más abundantes y recogen las aportaciones del Sistema Central y de la Cordillera Ibérica (Jarama, Alberche, Tiétar y Alagón en la parte española; Zêzere en la parte Portuguesa y Erjas en la frontera). Los ríos de la margen izquierda (Guadiela, Almonte, Salor en la parte española; Sorraia en la parte portuguesa y Séver en la frontera) son en general cortos y de aguas escasas, en particular los que tienen su origen en los Montes de Toledo. Las aportaciones principales de la cuenca provienen de la Sierra de Gredos y del resto de macizos correspondientes al Sistema Central, consecuencia de la marcada asimetría de la cuenca.

La demarcación hidrográfica internacional del Tajo, es compartida por España y Portugal. El ámbito territorial del actual Plan hidrológico corresponde a la parte española de la demarcación hidrográfica del Tajo, fijado en el Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero. La parte española de la demarcación hidrográfica del Tajo comprende el territorio de la cuenca del Tajo.

La parte española de la demarcación limita con las demarcaciones del Duero al norte, Ebro y Júcar al este y Guadiana al sur, siendo la superficie de 55781 Km². Al oeste continúa la cuenca del Tajo en Portugal (Demarcación Hidrográfica “Tejo e Riberas do Oeste”) con una superficie de 25666 Km², lindando con las cuencas “pequenas ribeiras do Oeste”, “Lis”, “Mondego”, “Douro”, “Guadiana” y “Sado”.

Se extiende a cinco Comunidades Autónomas: Extremadura, Madrid, Castilla y León, Aragón y Castilla-La Mancha, incluyendo territorios pertenecientes a 12 provincias: Badajoz, Cáceres, Madrid, Salamanca, Ávila, Soria, Teruel, Segovia, Guadalajara, Toledo, Cuenca y Ciudad Real. Además, cuatro capitales de provincia se asientan dentro de la cuenca (Cáceres, Madrid, Guadalajara y Toledo). La Comunidad Autónoma que mayor extensión ocupa en esta Demarcación es Castilla-La Mancha, seguida de Extremadura. Prácticamente toda la Comunidad de Madrid se encuentra dentro del ámbito de la Demarcación.

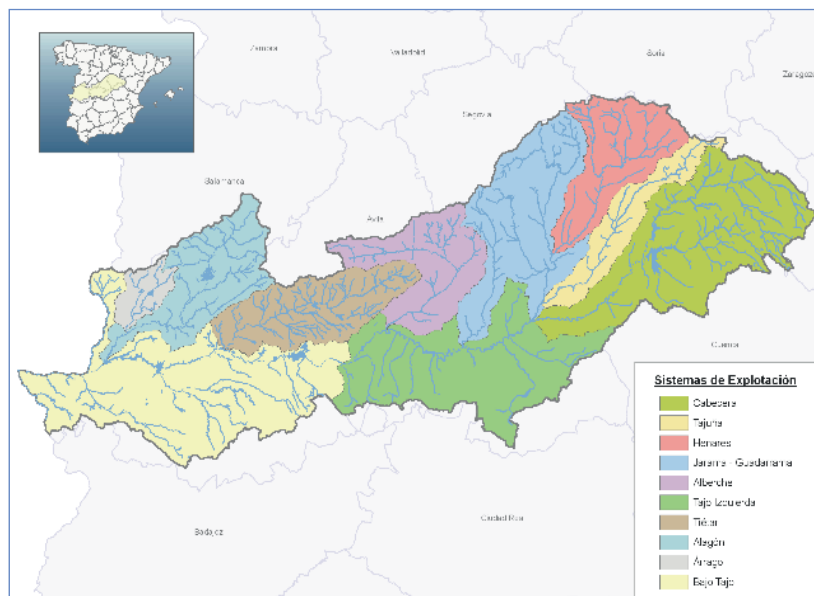
El ámbito de planificación de la parte española de la demarcación del Tajo está dividido en sistemas de explotación de recursos. Un sistema de explotación está constituido por masas de agua superficial y subterránea, obras e instalaciones de infraestructura hidráulica, normas de utilización del agua derivadas de las características de las demandas y reglas de explotación que, aprovechando los recursos hídricos naturales, y de acuerdo con su calidad, permiten establecer los suministros de agua que configuran la oferta de recursos disponibles del sistema de explotación, cumpliendo los objetivos medioambientales.



A continuación, se muestran los diez sistemas de explotación en los que se divide la demarcación española del Tajo. El SICA (“Sistema Integrado de la Cuenca Alta”), comprende los

sistemas Cabecera, Tajuña, Henares, Jarama-Guadarrama, Alberche y Tajo-Izquierda.

Sistema de Explotación			% Superficie
Sistema de Explotación único (100 % de la superficie)	Sistema Integrado de la Cuenca Alta (SICA) (63% de la superficie)	Cabecera	17%
		Tajuña	5%
		Henares	7%
		Jarama-Guadarrama	9%
		Alberche	7%
		Tajo-Izquierda	18%
		Tiétar	8%
		Árrago	2%
		Alagón	8%
		Bajo Tajo	19%



Fuente: PHT 2015

1. Origen y desarrollo del SAIH

En el año 1982, se produjo una importante avenida en la vertiente mediterránea que originó importantes inundaciones. Este hecho propició que la Administración emprendiera una política basada en la prevención, alarma y gestión ante las inundaciones. Con el Programa General de Seguridad de las Presas del Estado, nace el programa SAIH. Su implantación se inició en las tres cuencas mediterráneas que habían sufrido con mayor dureza los efectos de la avenida y que tenían mayor cantidad de zonas con riesgo potencial de inundación. También coincidía que en estas cuencas la gestión de los recursos hídricos era más compleja debida a su escasez: Júcar, Segura y Sur de España.

En el año 1983, la Dirección General de Obras Hidráulicas (D.G.O.H.), comenzó a elaborar los primeros estudios que determinaron la configuración del sistema y el procedimiento administrativo más ágil para su materialización que resultó ser el de Concurso de Proyecto y Construcción. En el mes de agosto de 1985, se inició la implantación del SAIH en la cuenca del Júcar, meses más tarde en el Segura y en 1986 en la cuenca sur de España.

Dos años más tarde, se extendió al resto de cuencas mediterráneas; Ebro y cuencas internas de Cataluña. En diciembre de 1993 comenzó la instalación del SAIH en la cuenca del Guadalquivir y en 1994 se elaboró el proyecto de construcción del SAIH del Tajo. Las últimas cuencas en las que se implantaron fueron las del Guadiana, Duero y Norte.

En su origen el sistema SAIH tenía que cumplir los siguientes objetivos:

- Garantizar un sistema que fuese capaz de disponer de la información necesaria en el momento oportuno para una adecuada gestión de la avenida
- Adoptar unas medidas preventivas acertadas

Para que la prevención y la alerta contra las inundaciones fuera posible y eficaz, era necesario disponer de un conocimiento previo de lo que estaba ocurriendo en la cuenca desde un punto de vista hidrológico e hidráulico. Se tenía que disponer de medidas de parámetros climatológicos (intensidad de lluvia, precipitación nival, temperaturas, etc) así como de parámetros hidráulicos como caudales circulantes en los ríos, niveles de embalse, etc, que permitiese conocer la respuesta de los cauces.



AR17 Jarama en Mejorada-San Fernando

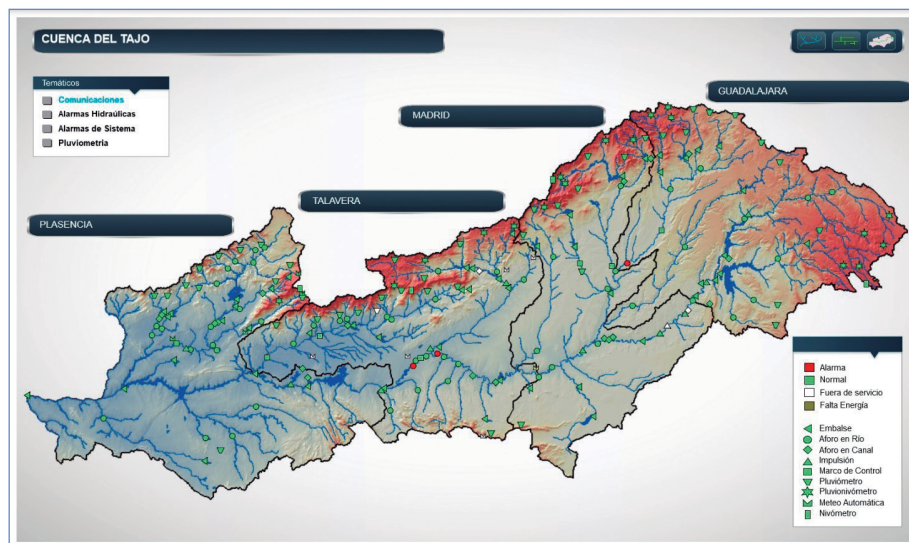
En la actualidad, el SAIH dispone de 214 puntos de control de distinta naturaleza en los que hay instalados los equipos necesarios para adquirir los datos, procesarlos, almacenarlos temporalmente y transmitirlos al Centro de Control de Cuenca (CCC). Las variables que se miden en los distintos puntos son:



- Pluviómetros, Pluvionivómetros (P/PN)
 - Pluviometría
 - Temperatura
- Nivómetros (N)
 - Altura de Nieve
 - Equivalente en Agua
 - Temperatura
 - Presión Atmosférica
- Embalses y Azudes (E)
 - Niveles de Embalse
 - Posición de compuertas y finales de carrera
 - Posición de válvulas
 - Potencias turbinadas
- Aforos en Ríos (AR)
 - Nivel y Caudal en Ríos
- Aforos en Canal (AC)
 - Nivel y Caudal en Canales
- Marcos de Control (MC)
 - Sensores situados en los tableros de los puentes para medir la cota de agua
- Impulsiones (I)
 - Caudal
- Estaciones Meteorológicas (EMAS)
 - Temperatura
 - Humedad
 - Presión Atmosférica
 - Dirección y velocidad del viento
 - Radiación Solar
 - Evaporación

El SAIH es un sistema de transmisión en tiempo real de la información captada por los distintos sensores en los puntos de Control. Inicialmente se proyectó vía radio para posteriormente establecer comunicación vía satélite (VSAT). Actualmente las comunicaciones se realizan vía satélite por DVB y en algunos puntos en concreto vía GPRS.

Son capaces de proporcionar información relativa de niveles y caudales circulantes por los principales ríos y afluentes, de nivel y volumen embalsado en la presa, de caudal desaguado por aliviaderos, válvulas y compuertas, de lluvia en numerosos puntos, de caudales detraídos de los principales usos del agua en la cuenca, etc.



Puntos de Control en la Red SAIH

2. Objetivos del SAIH

Los principales objetivos del SAIH son servir de sistema de información en tiempo real para:

- Gestión de avenidas; minimización de daños por una mejor gestión de las infraestructuras hidráulicas, y por una mayor eficacia en los avisos a Protección Civil, como consecuencia de un control más exigente en los resguardos.
- Gestión de Sequías: facilitando el seguimiento de la sequía y de las medidas tomadas, vigilancia de dotaciones y control de caudales en las tomas.
- Gestión de Riegos: vigilancia en el cumplimiento de las concesiones acordadas.
- Gestión de Caudales Ecológicos: permitiendo conocer el cumplimiento de dichos caudales.
- Gestión de la Calidad del Agua: suministrando los datos de caudal, elemento básico para la calidad.
- Gestión del Conocimiento: mejorando el conocimiento de la cuenca que repercute en numerosas actividades de planificación, gestión y explotación.
- Gestión de Datos: archivo de datos hidrológicos de manera continua y fiable. Además, también proporciona información bajo demanda a distintos usuarios, empresas públicas y privadas.

Río Francia en Miranda del Castañar



HIDROLOGÍA

1. Informes de Pluviometría

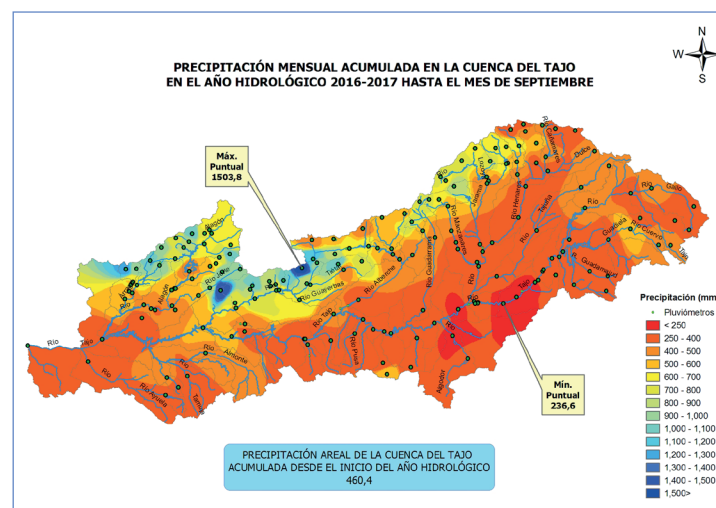
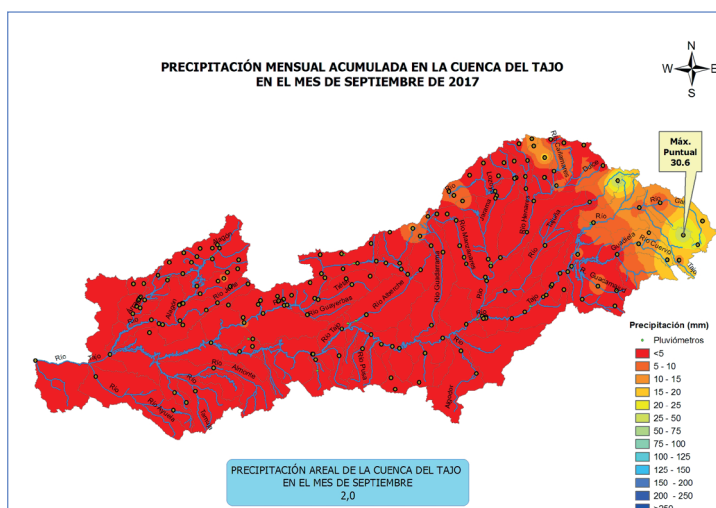
1.1. Informes Mensuales de Pluviometría

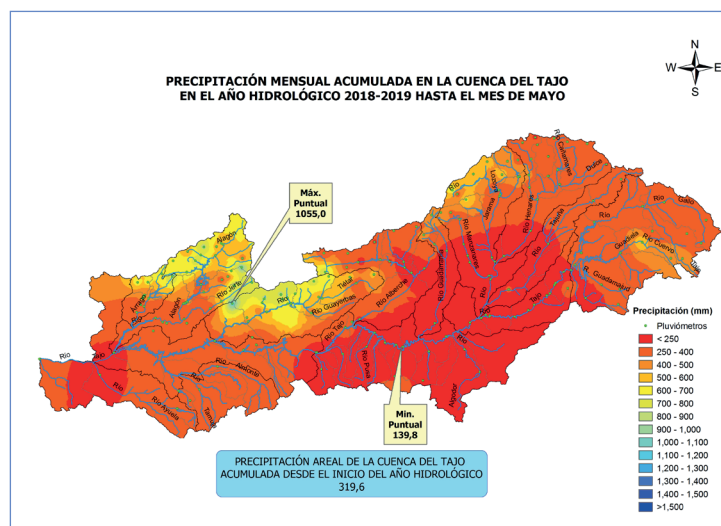
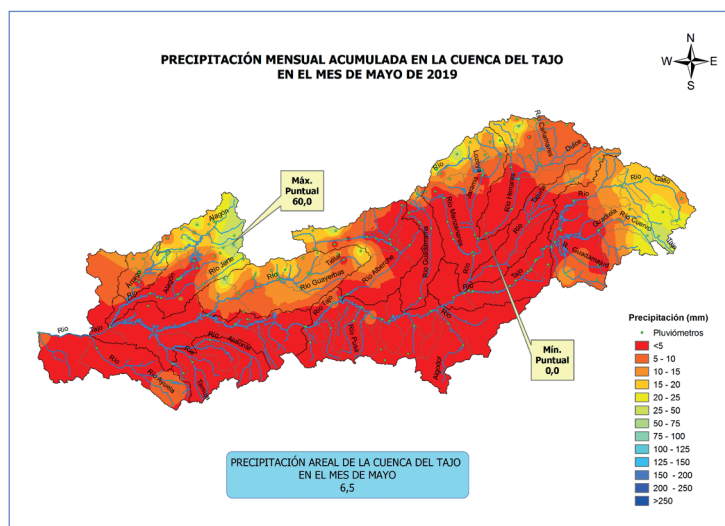
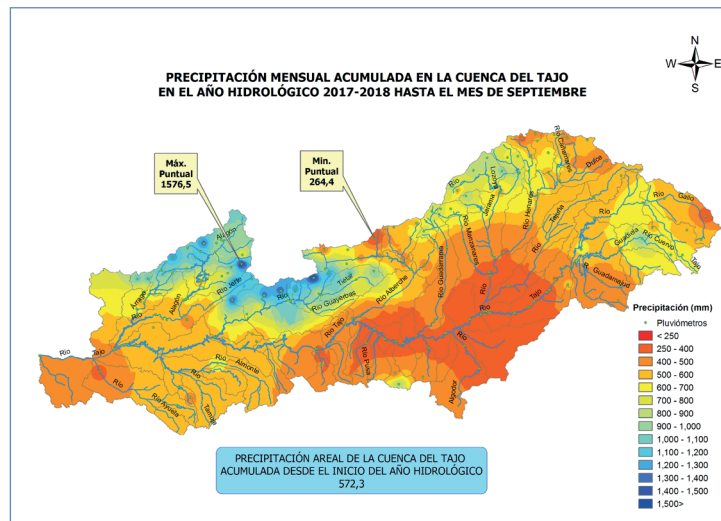
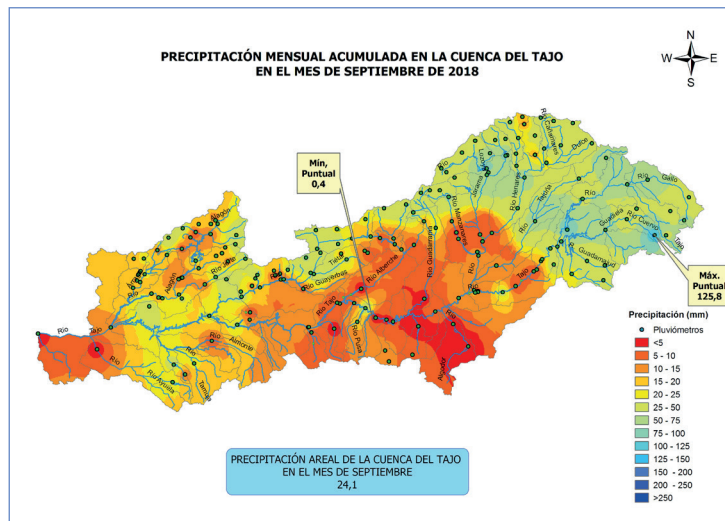
Durante el trienio 2017-2019 se ha continuado con la realización de los informes mensuales de pluviometría, cuyo objetivo es determinar el volumen de agua que ha caído en la cuenca en forma de precipitación.

Para ello se hace una consulta a la base de datos para obtener la lluvia que se ha registrado en cada uno de los pluviómetros de la red SAIH. A continuación, se procede a hacer una comparación con los pluviómetros vecinos con el objeto de modificar aquellos datos que puedan haber sido erróneos, bien porque haya habido un fallo en el sensor, algún problema puntual de comunicación, etc.

En los casos en los que se considere que el dato registrado por el pluviómetro no es correcto se procede a hacer una validación a través del método de los tres vecinos, que consiste en que a cada pluviómetro vecino se le asigna un peso estadístico para hacer la interpolación correcta. De esta manera conseguimos que todos los datos de pluviometría de la red SAIH estén validados antes de realizar el informe correspondiente.

El último paso es el tratamiento de los datos de pluviometría con el programa ArcGIS para obtener los mapas raster con la distribución mensual y mensual acumulada y calcular la precipitación areal en la cuenca completa. Las siguientes imágenes corresponden a los resultados obtenidos en los informes de pluviometría para los meses de Septiembre 2017, Septiembre 2018 y Mayo 2019.





1.2. Informes de Avenidas

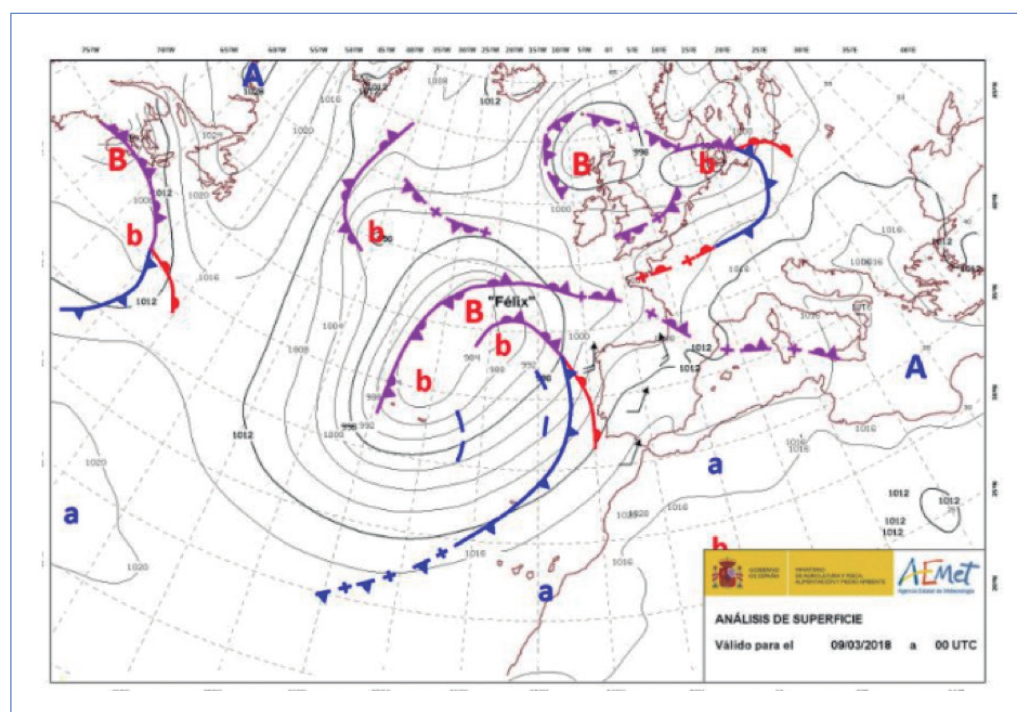
Durante el trienio 2017-2019 se han producido tres importantes episodios de avenidas en la Cuenca del Tajo, de entre ellos, hay que destacar el correspondiente al mes de Marzo 2018. Se caracteriza porque se encadenaron dos importantes borrascas de manera consecutiva, la primera desde el 08 al 12 de Marzo y la segunda del 13 al 19 de Marzo.

El primer evento del 08 al 12 de Marzo fue causado por la borrasca “Félix”, una progresiva e intensiva ciclogénesis que barrió la península Ibérica de Oeste a Este, afectando

también al archipiélago canario. Esta borrasca provocó la activación de alertas amarillas o naranjas en todas las Comunidades Autónomas.

Durante los primeros días, las provincias del Norte y Noroeste registraron rachas de viento de hasta 140 km/h y olas de hasta 8 metros en la costa gallega y cántabra y precipitaciones intensas en todo el territorio español.

Después, los avisos se trasladaron a la costa del Levante.





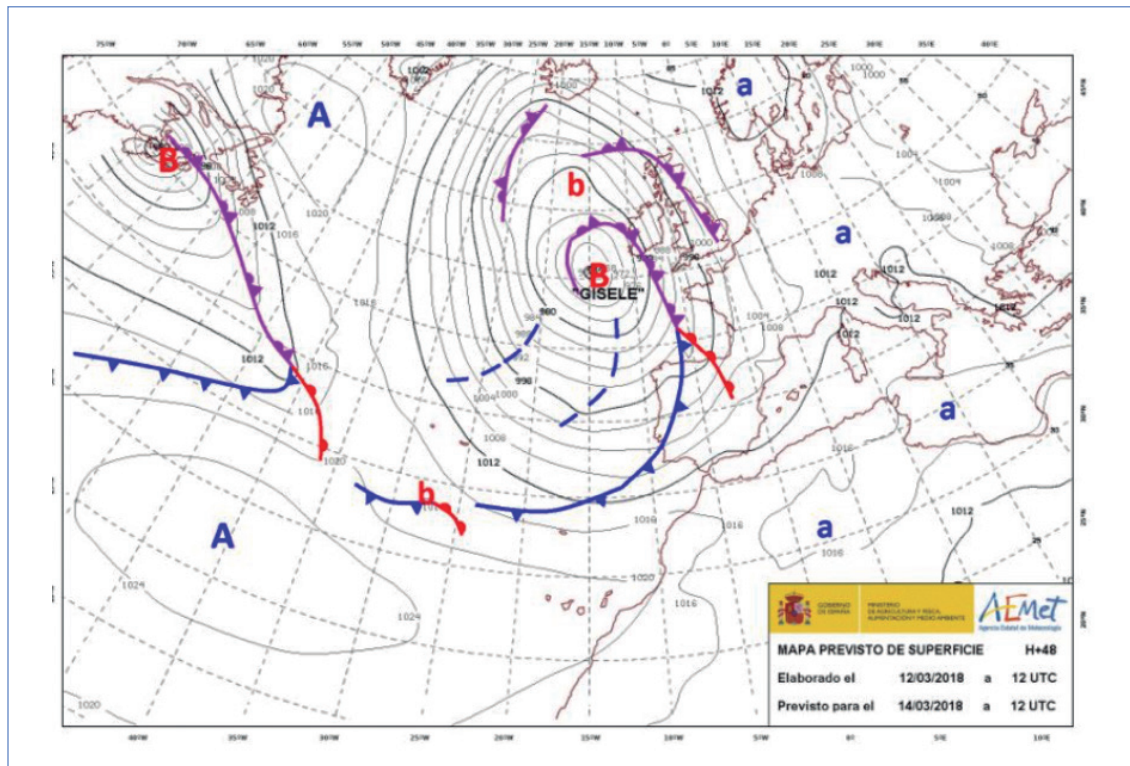
El segundo evento se produjo entre el 13 y 19 de Marzo originado por la borrasca “Gisele”, su componente más significativo fue el fuerte viento, que produjo alertas naranjas y amarillas en 38 provincias españolas. Además del viento se produjeron importantes precipitaciones en las Rías Bajas, Cordillera Cantábrica, Sistema Central, Sierra Morena y en áreas del Estrecho.

En la Cuenca del Tajo el hecho de que los dos eventos se produjeran de manera consecutiva, generó una importante escorrentía con lo que se registraron grandes incrementos de caudal en las cuencas del Henares, Jarama, Guadarrama,

Margen Izquierda, Alberche, Tiétar, Alagón, Árrago, Almonte y Tajo Internacional. Todo esto contribuyó a que se produjeran varios desembalses debidos a las crecidas de los ríos en las presas del Jerte, Tiétar, Jarama y Henares.

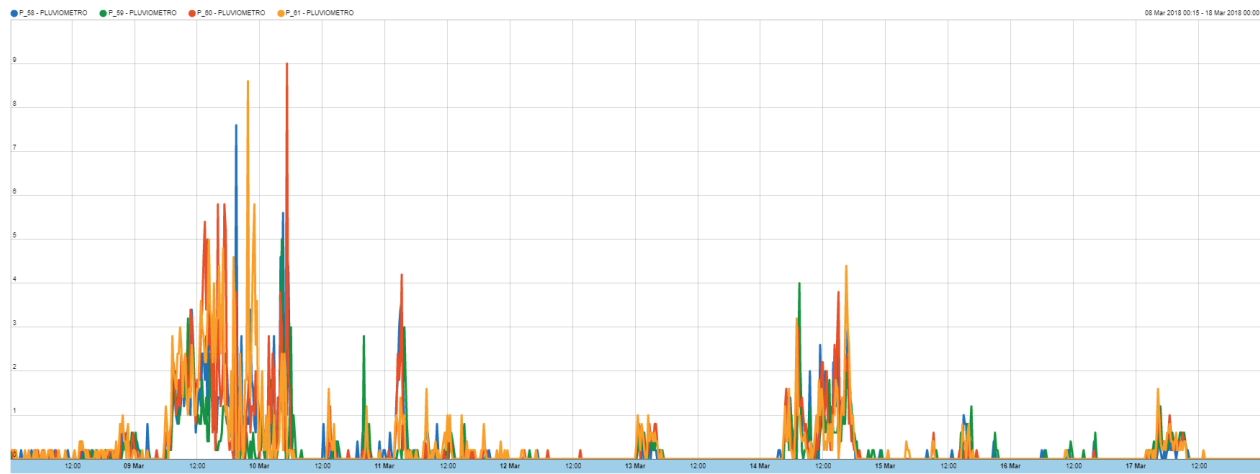
La situación fue controlada por el personal de explotación de la CHT y por el Comité Permanente de la Comisión de Desembalse apoyándose en el SAIH, que al proporcionar datos en tiempo real, facilita la gestión y la toma de decisiones.

En las siguientes imágenes se muestran los hietogramas de las cuencas más significativas que permiten visualizar la importancia del episodio acaecido.

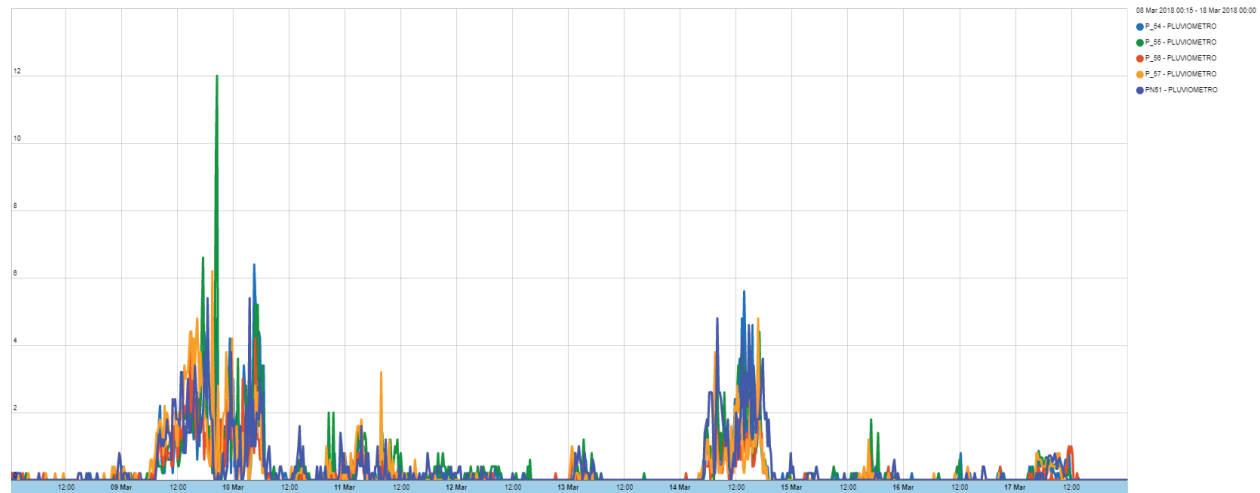




CUENCA DEL ÁRRAGO

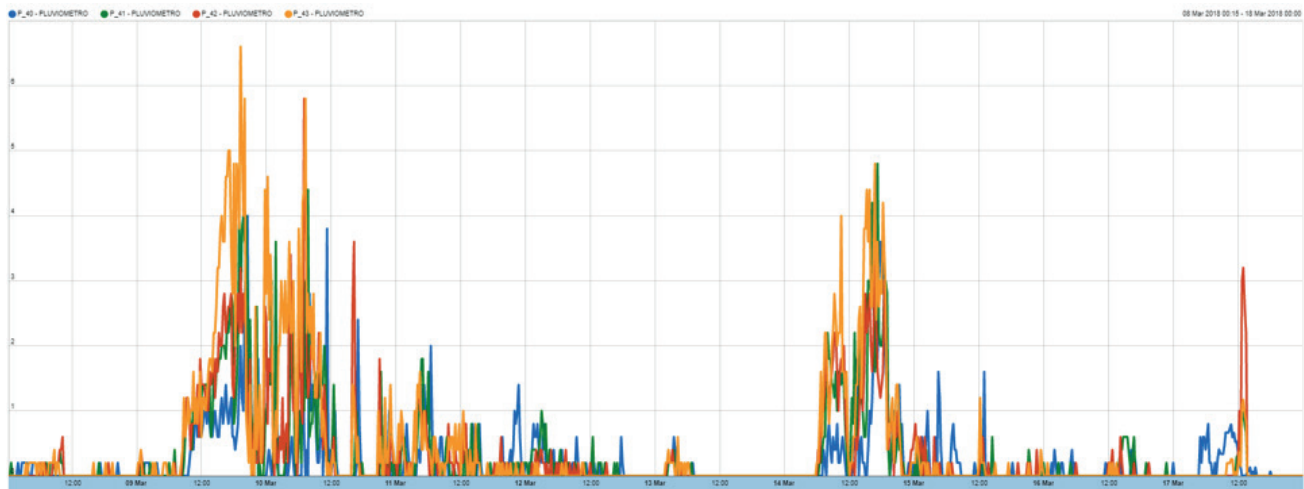
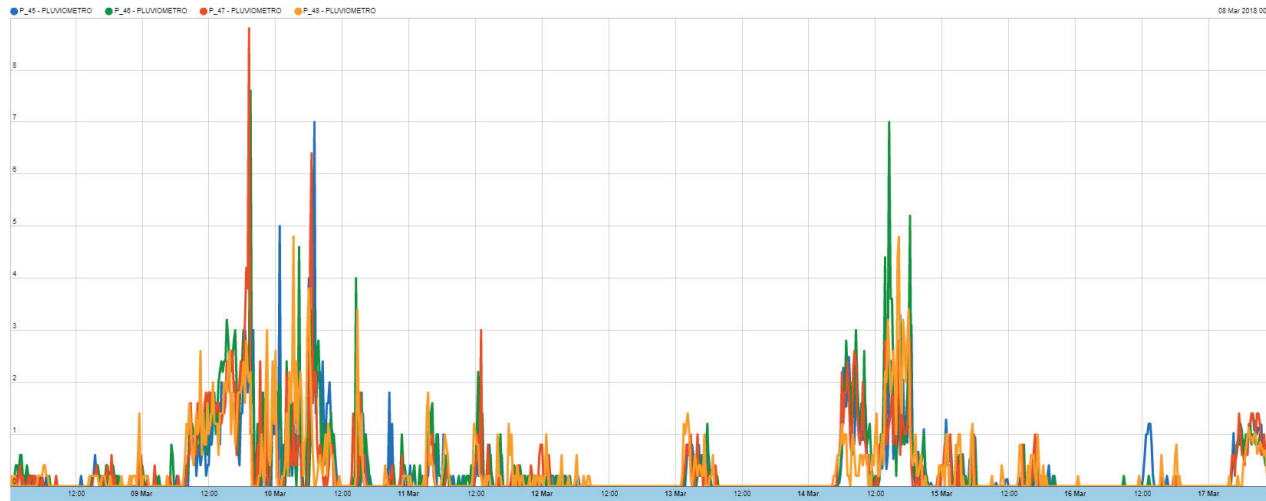


CUENCA DEL ALAGÓN

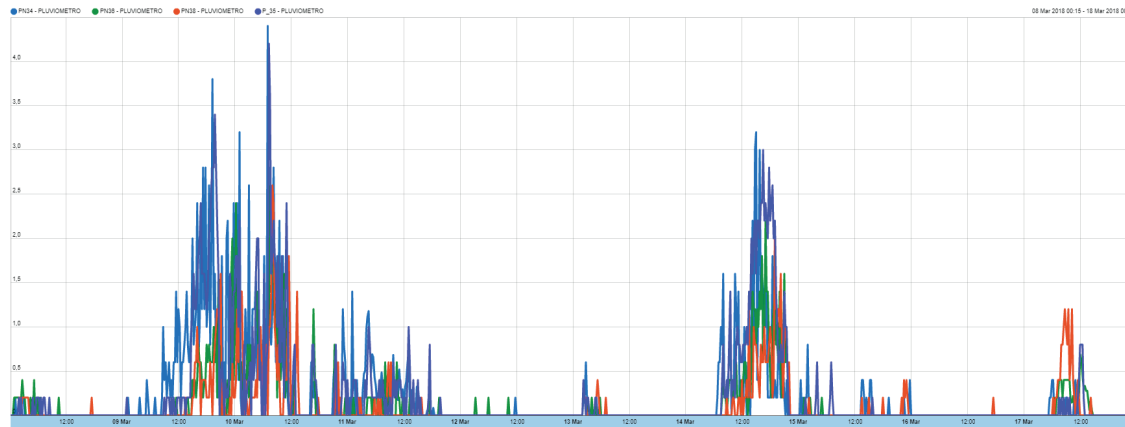




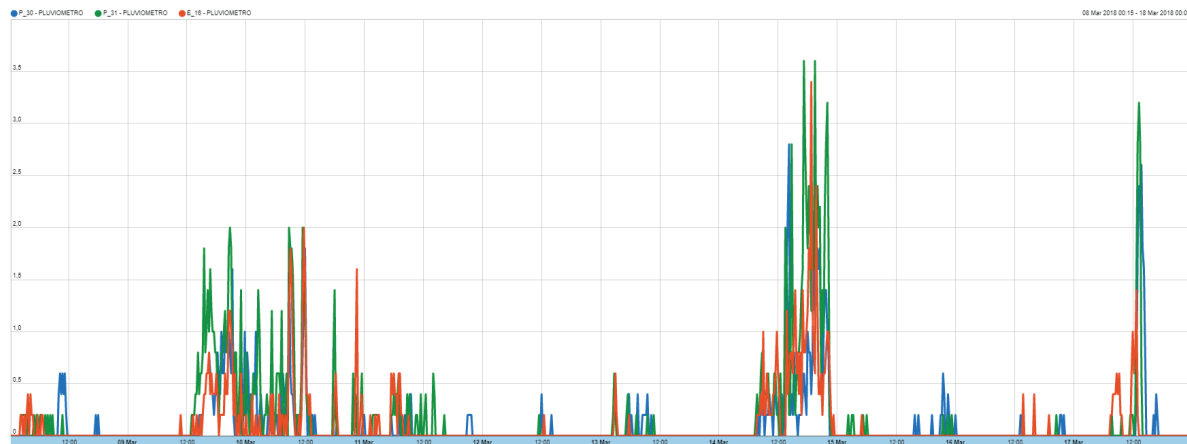
CUENCA DEL TIÉTAR



CUENCA DEL ALBERCHE

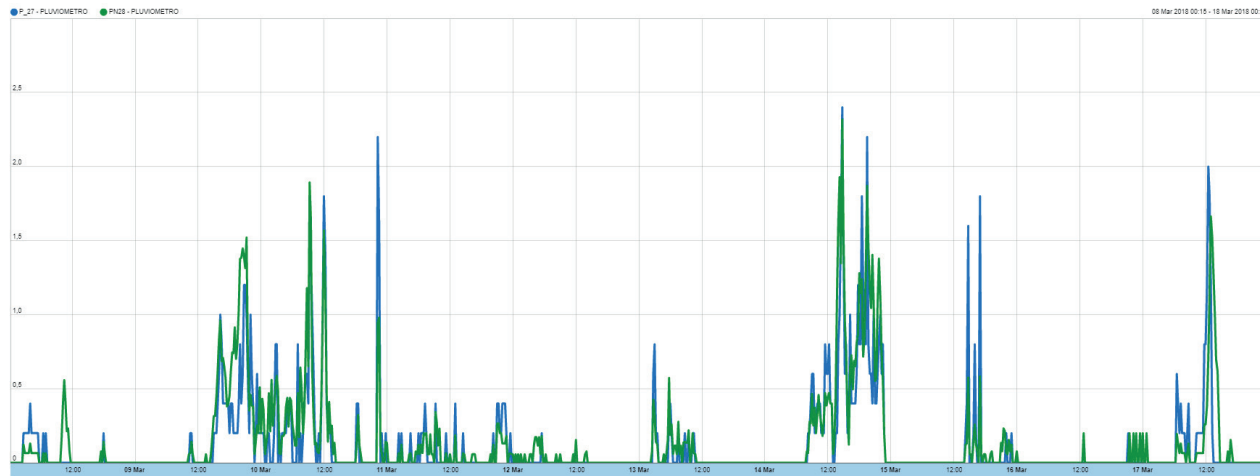


CUENCA DEL GUADARRAMA

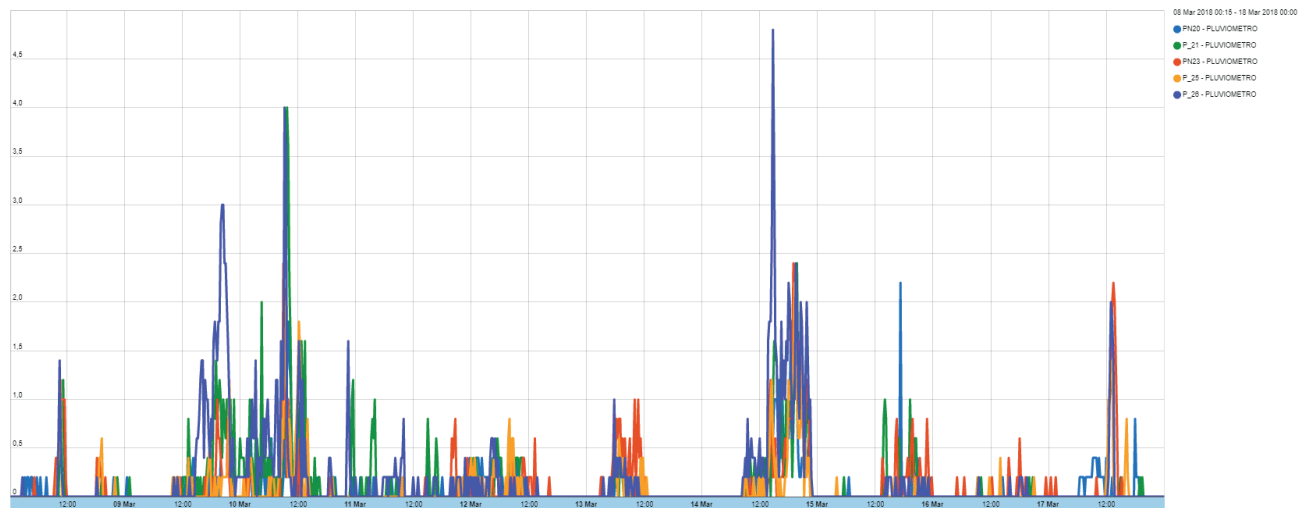




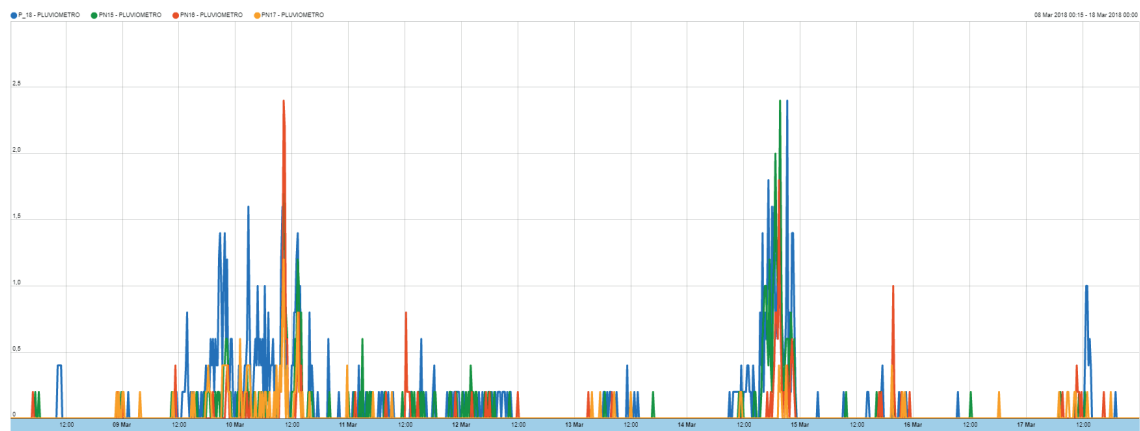
CUENCA DEL JARAMA (Subcuenca del río Manzanares)



CUENCA DEL JARAMA (Subcuenca del río Lozoya)

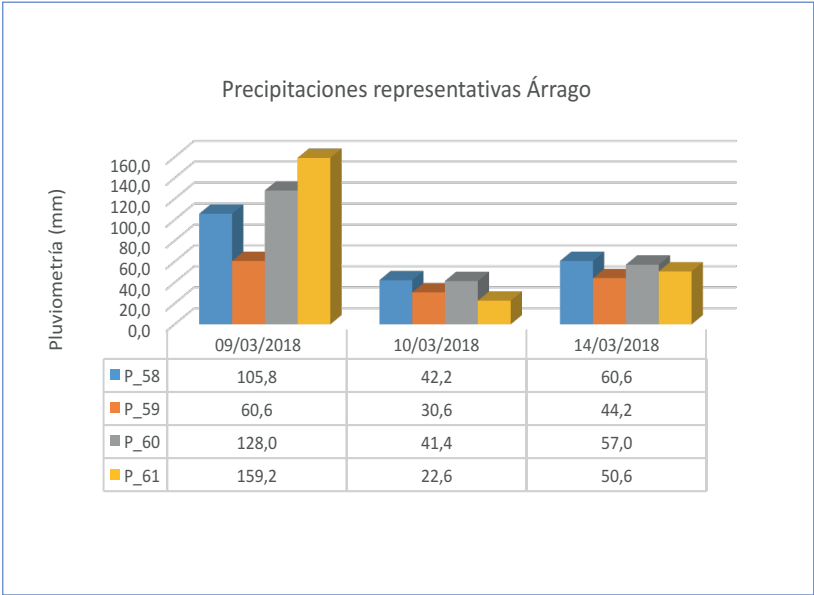


CUENCA DEL HENARES



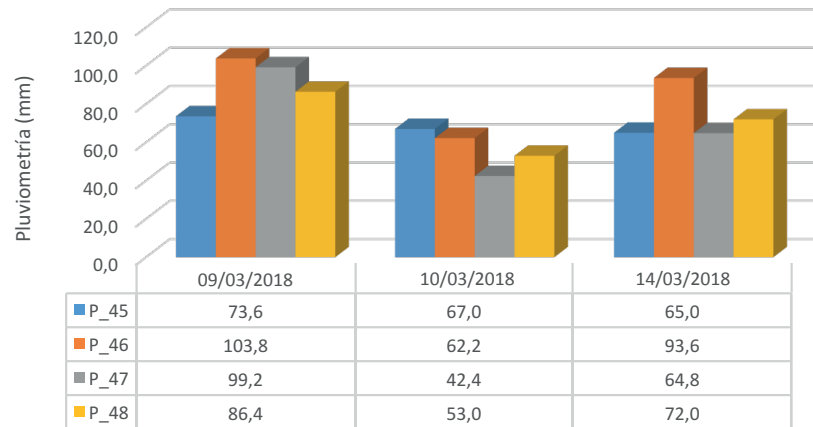
A continuación, se adjuntan varios gráficos de la precipitación acumulada diaria para los puntos donde se obtuvieron los registros más importantes.

Los máximos diarios se alcanzaron durante el día 09 de Marzo, llegándose a acumular 159.2 mm en el P_61 (Alto del Rey en Acebo) en la cuenca del Árrago, 149.6 mm en el P_57 (Teso de la Guija en Pinofranqueado) en la cuenca del Alagón y 141.6 mm en el P_43 (Fuente-Refugio en el Hornillo) en la cuenca del Tiétar.

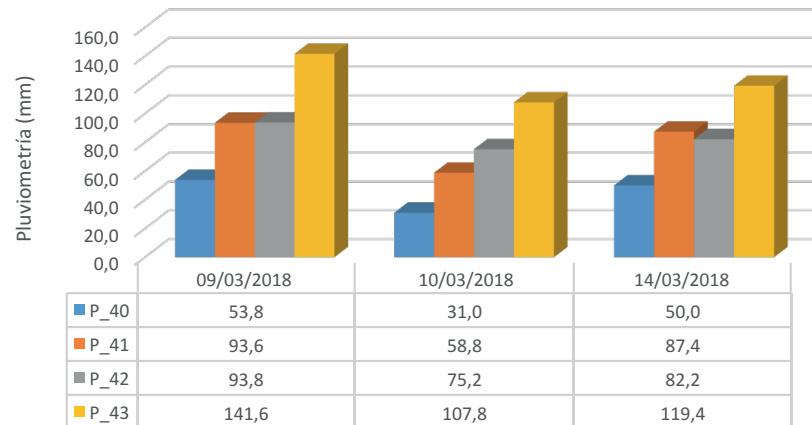




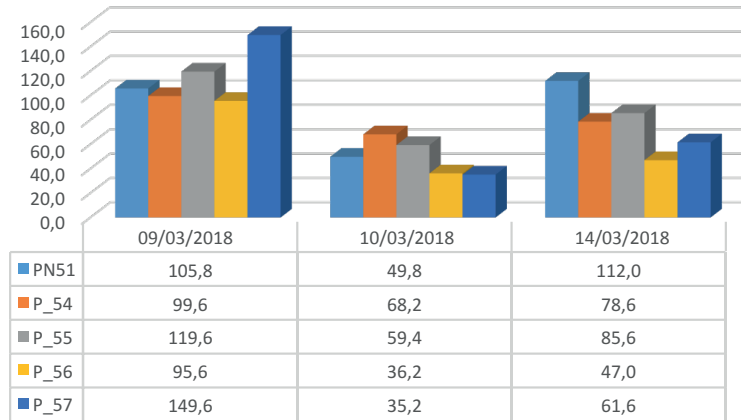
Precipitaciones representativas Tiétar



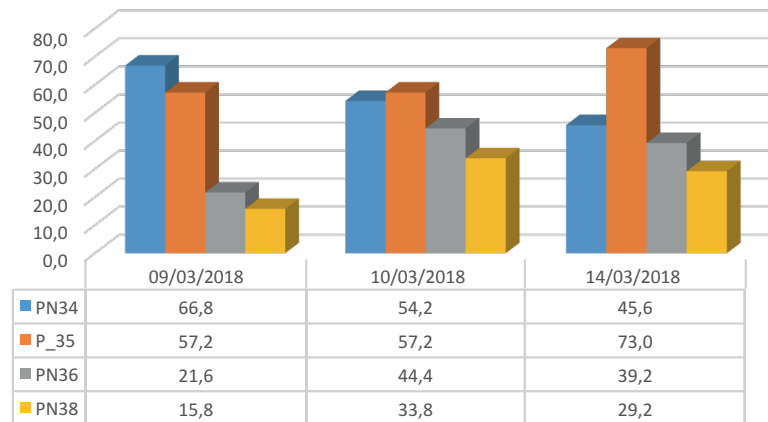
Precipitaciones representativas Tiétar



Precipitaciones representativas Alagón

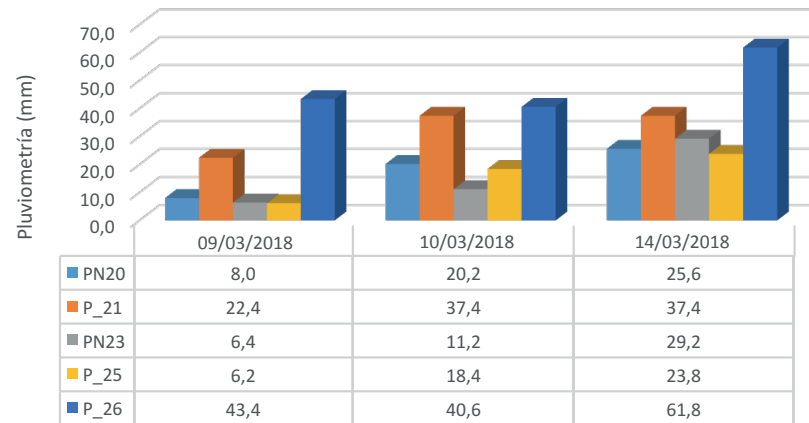


Precipitaciones representativas Alberche

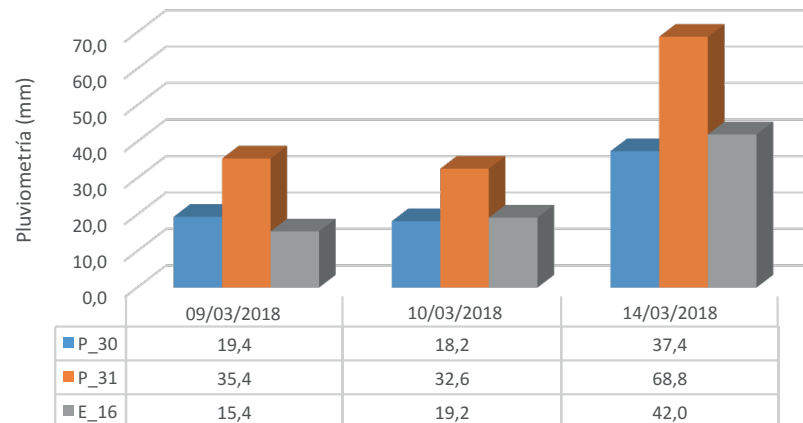


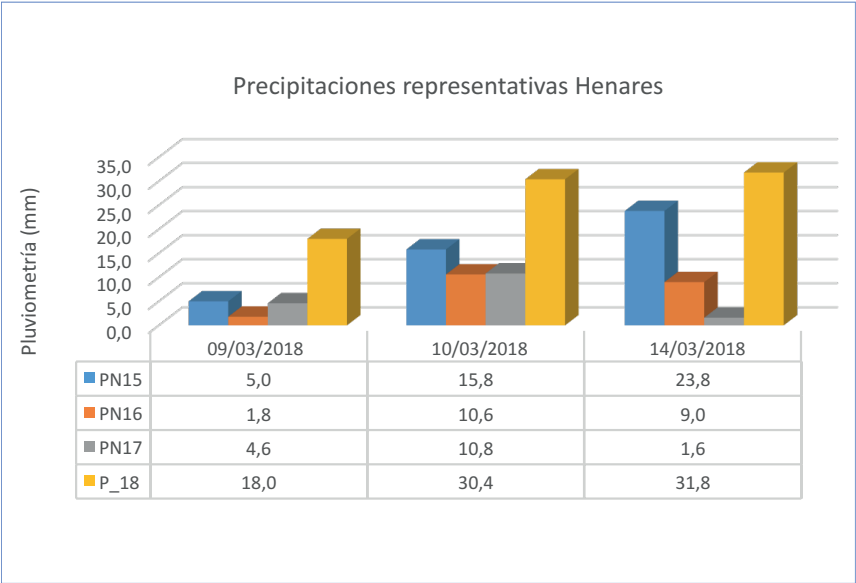


Precipitaciones representativas Lozoya



Precipitaciones representativas Guadarrama



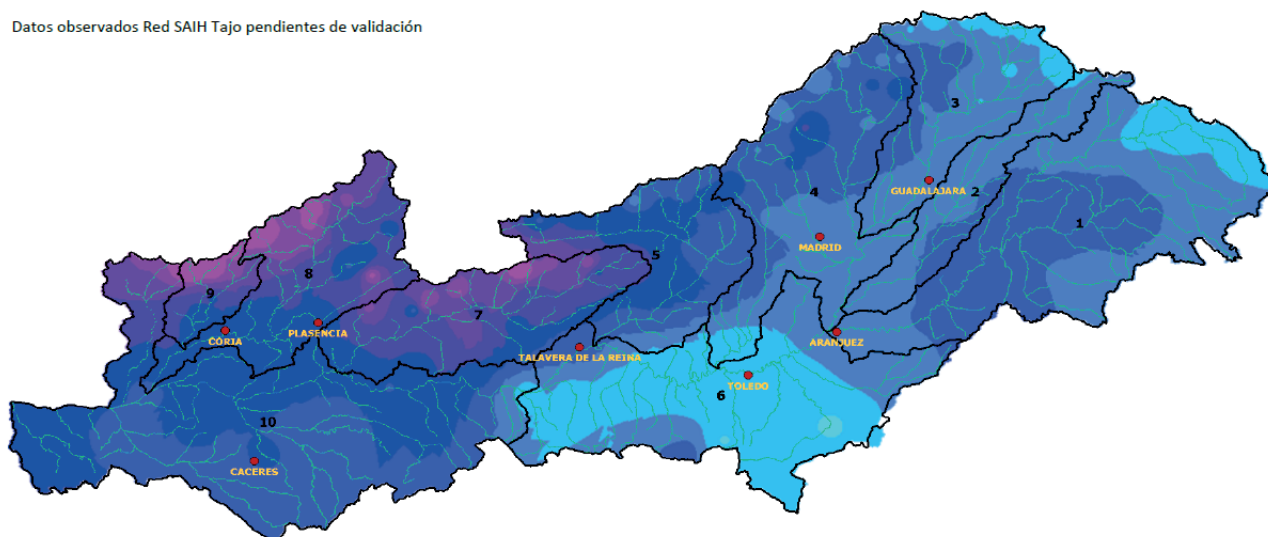




En los siguientes mapas se muestra la lluvia acumulada diaria para los días 09, 10 y 14 de Marzo.

PRECIPITACIÓN ACUMULADA EN 24H EL DÍA 09-03-2018
POR SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN

Datos observados Red SAIH Tajo pendientes de validación

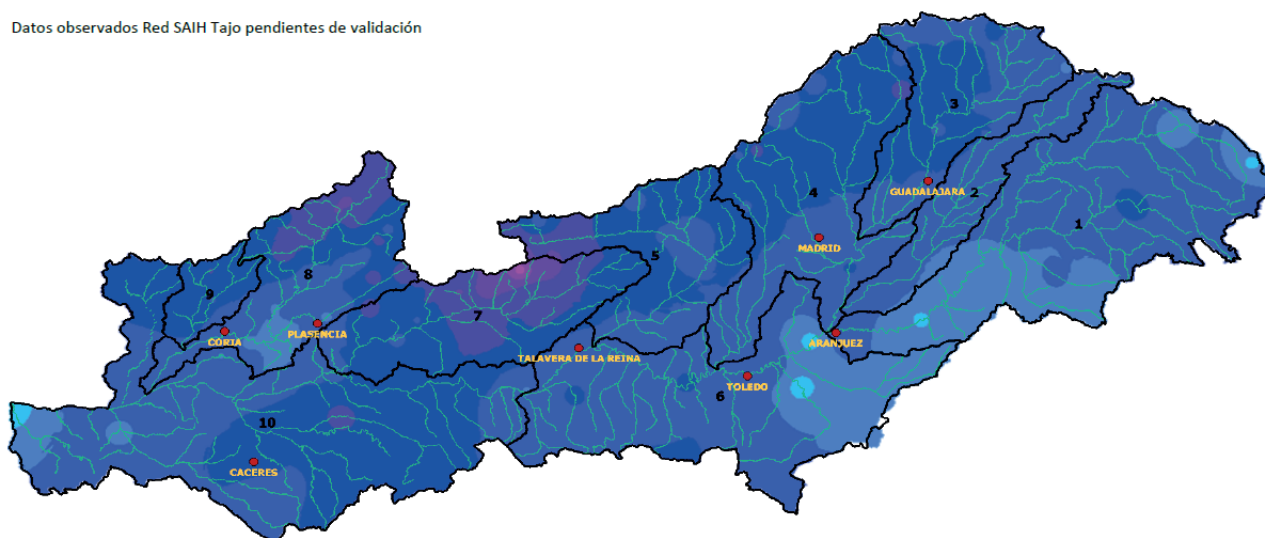


Leyenda	P(mm)
	0 - 0.1
	0.1 - 1
	1 - 5
	5 - 10
	10 - 20
	20 - 40
	40 - 60
	60 - 80
	80 - 100
	>100

CUENCA HIDROGRÁFICA DEL TAJO					
CÓDIGO	SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN	Pmedia (mm)	CÓDIGO	SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN	Pmedia (mm)
01	CABECERA	23,6	06	TAJO IZQUIERDA	9,1
02	TAJUÑA	8,7	07	TIETAR	52,5
03	HENARES	8,1	08	ALAGÓN	53,2
04	MADRID	12,2	09	ARRAGO	67,1
05	ALBERCHE	25,3	10	BAJO TAJO	23,6

PRECIPITACIÓN ACUMULADA EN 24H EL DÍA 10-03-2018 POR SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN

Datos observados Red SAIH Tajo pendientes de validación



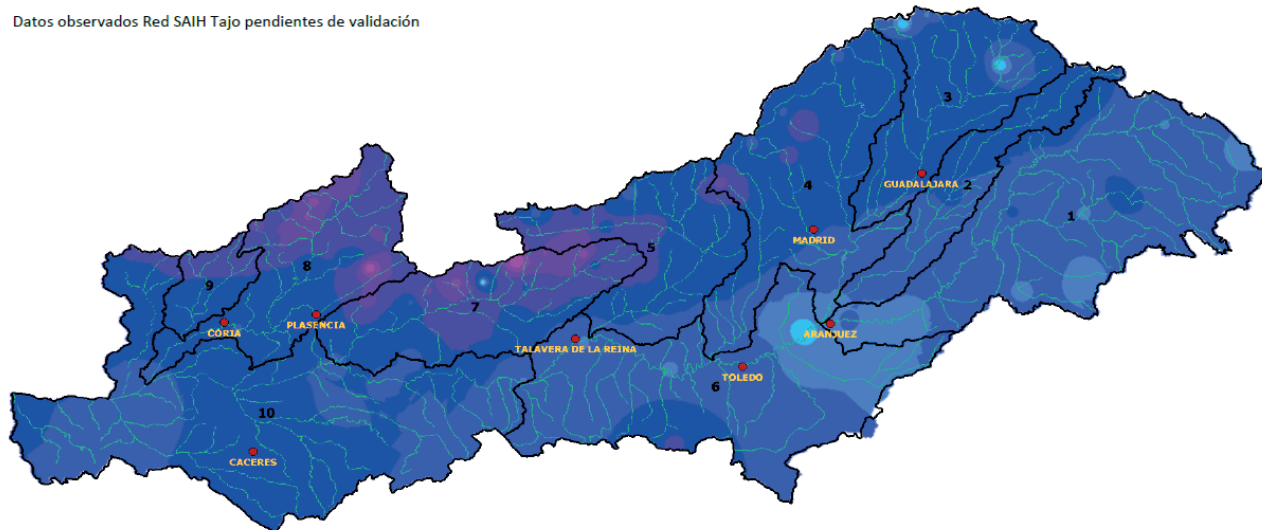
Leyenda	P(mm)
	0 - 0.1
	0.1 - 1
	1 - 5
	5 - 10
	10 - 20
	20 - 40
	40 - 60
	60 - 80
	80 - 100
	>100

CUENCA HIDROGRÁFICA DEL TAJO					
CÓDIGO	SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN	Pmedia (mm)	CÓDIGO	SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN	Pmedia (mm)
01	CABECERA	20,4	06	TAJO IZQUIERDA	11,9
02	TAJUÑA	14,3	07	TIETAR	38,7
03	HENARES	20,1	08	ALAGÓN	27,1
04	MADRID	21,7	09	ARRAGO	24,8
05	ALBERCHE	25,5	10	BAJO TAJO	20,4



PRECIPITACIÓN ACUMULADA EN 24H EL DÍA 14-03-2018 POR SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN

Datos observados Red SAIH Tajo pendientes de validación



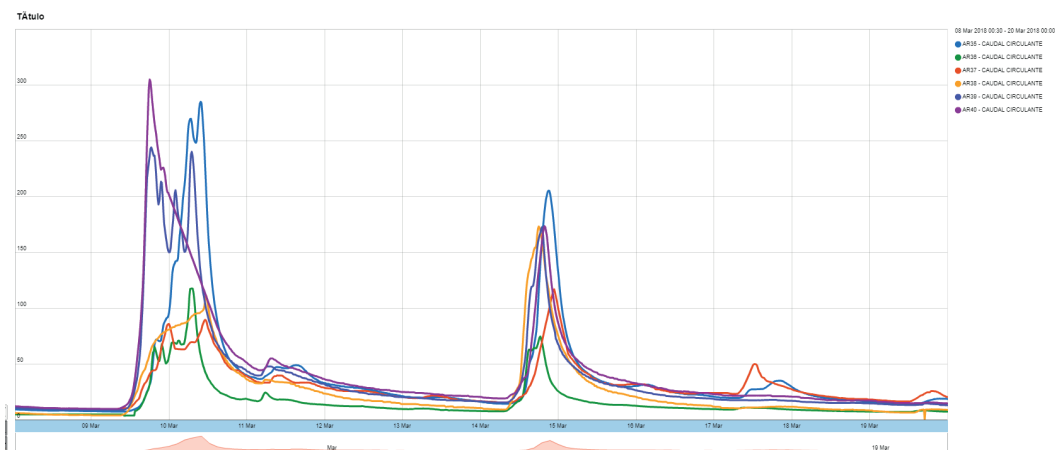
Leyenda	P(mm)
	0 - 0.1
	0.1 - 1
	1 - 5
	5 - 10
	10 - 20
	20 - 40
	40 - 60
	60 - 80
	80 - 100
	>100

CUENCA HIDROGRÁFICA DEL TAJO					
CÓDIGO	SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN	Pmedia (mm)	CÓDIGO	SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN	Pmedia (mm)
01	CABECERA	21,7	06	TAJO IZQUIERDA	14,5
02	TAJUÑA	18,6	07	TIETAR	43,4
03	HENARES	24,4	08	ALAGÓN	44,0
04	MADRID	26,7	09	ARRAGO	39,0
05	ALBERCHE	33,9	10	BAJO TAJO	21,7

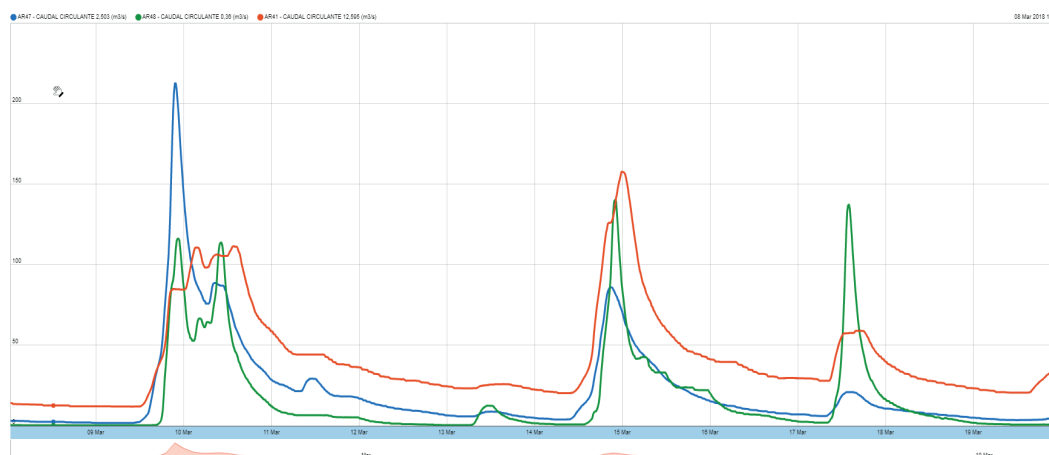
Las crecidas más significativas tuvieron lugar en las cuencas del Alagón, Tiétar y Alberche, como se puede ver a continuación.

CUENCA DEL ALAGÓN

Los ríos de cabecera de la cuenca del Alagón, cuyas aportaciones acaban en el embalse de Gabriel y Galán, llegaron a superar los 100 m³/s en el primer episodio de lluvias.

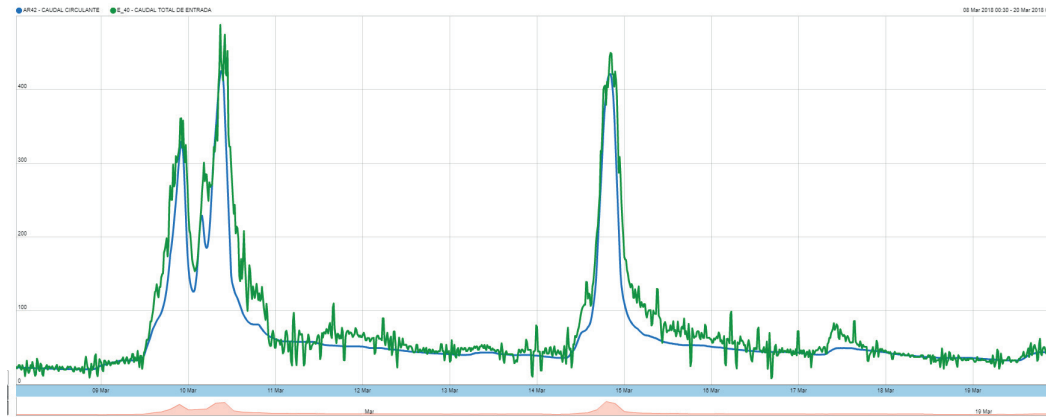


Los cauces de la parte sur de la cuenca también registraron caudales elevados, destacando el río Bronco que alcanzó valores próximos al período de retorno de 50 años.



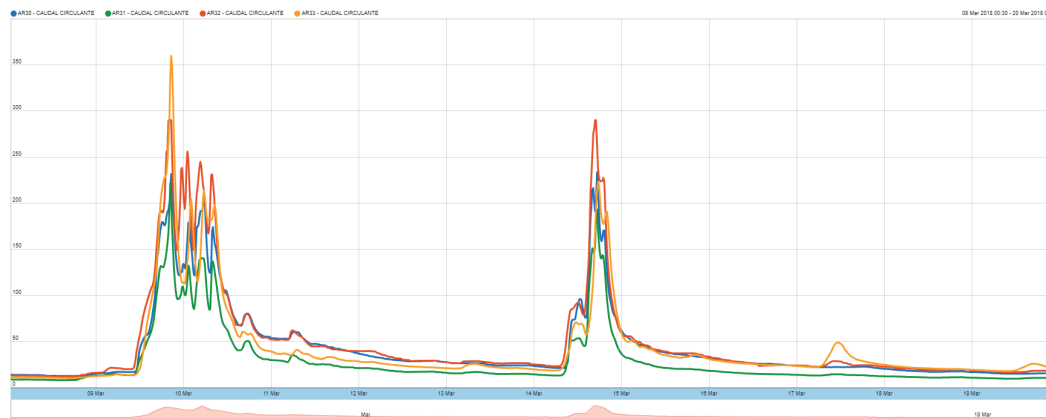


En la siguiente imagen se muestra la subcuenca del Jerte donde se observa el caudal de entrada al embalse del Jerte y el del AR42 (Jerte en el Torno) ubicado aguas arriba.

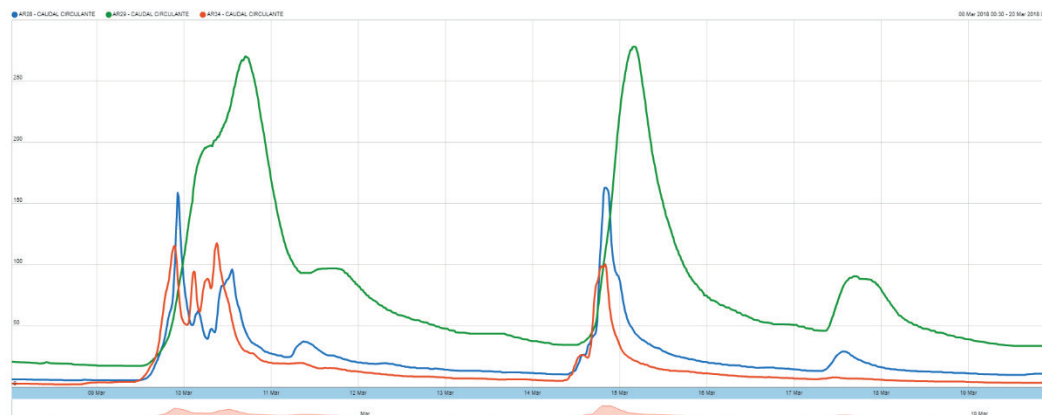


CUENCA DEL TIÉTAR

En este sistema los aforos en río ubicados en la zona occidental, son gargantas no reguladas que provocan hidrogramas muy rápidos como se puede observar en la siguiente imagen.

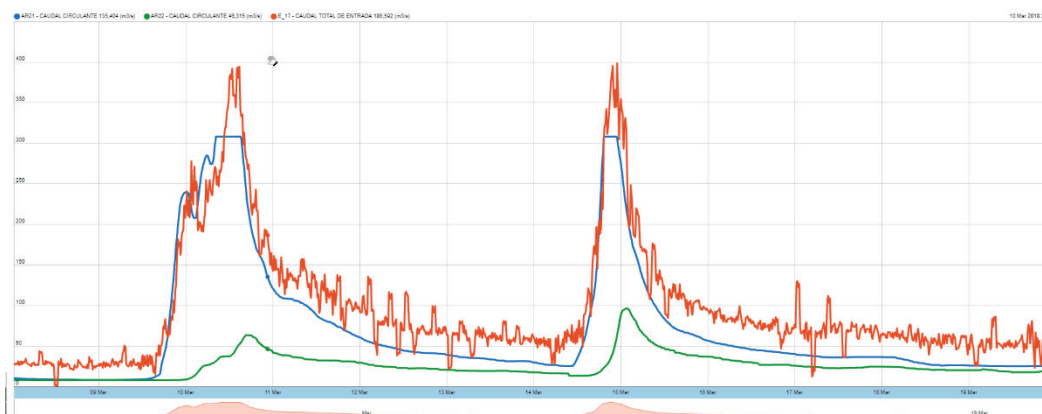


En la zona oriental de esta cuenca, el SAIH cuenta con dos aforos en el río Tiétar y otro situado en el río Arenal. Al presentar un lecho más arenoso, provoca que las avenidas sean mucho más lentas que las ocurridas en las gargantas, aunque son más duraderas. Este comportamiento se puede observar en el siguiente hidrograma.



CUENCA DEL ALBERCHE

En esta cuenca se registraron importantes precipitaciones en la zona de cabecera tanto en la vertiente de Gredos como en la más oriental, lo que produjo unos caudales muy elevados en la estación AR22 (Cofio en San Martín) y en la AR21 (Alberche en Navalunga), situada aguas arriba del embalse de Burguillo.

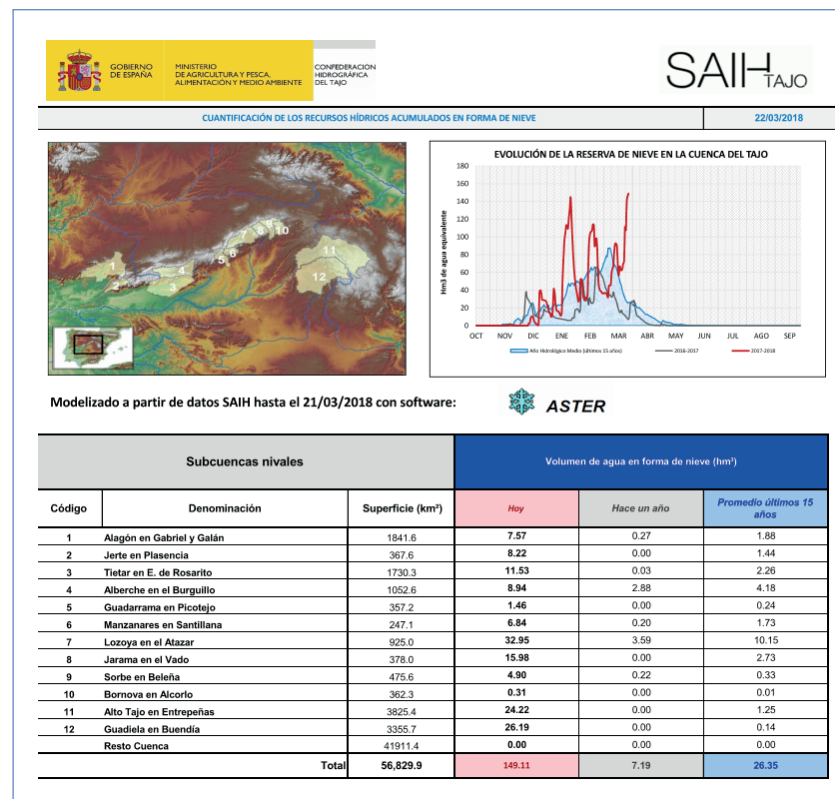




2. Control y análisis de la nieve

Durante el trienio 2017-2019 se ha continuado con las simulaciones semanales y mensuales de nieve a través del modelo ASTER. Este programa permite calcular y predecir caudales en los puntos de cierre de la cuenca de estudio. El modelo se alimenta con datos de temperatura y pluviometría proporcionados por los puntos de control del SAIH y además se le incorporan datos de caudal observado que permiten un mayor ajuste del modelo.

El algoritmo de cálculo está fundamentado en los modelos hidrológicos clásicos basados en depósitos, de tipo determinista y de simulación continua cuasi-distribuida, con escala de funcionamiento temporal variable.



La representación numérica de las características propias de la cuenca se consigue mediante la discretización espacial en una retícula de dimensión variable que permite dividir a la cuenca en superficies elementales (celdas) en las que se realizan los cálculos de forma independiente. Este modelo de distribución en celdas se calcula a partir de un modelo digital del terreno (MDT), en el que a cada celda se le asigna un sentido de escorrentía, una altitud y una superficie. Es necesario que este proceso se haga correctamente para que el modelo puede reproducir de manera fiable, la respuesta de la cuenca frente a situaciones de precipitación o fusión nival, obteniendo unos caudales muy similares a los reales.

El sistema de cálculo de aportaciones que sigue el modelo consta de dos partes cuyo objetivo es la descripción del flujo hacia la desembocadura. La primera parte corresponde a la “función de producción” que se encarga del flujo vertical del agua y permite calcular para cada celda, el balance de agua en la capa de suelo y la zona de agua libre. La segunda parte es la “función de transferencia”, representa a la escorrentía en la red de drenaje y tiene por finalidad determinar para cada celda la transferencia del agua producida según la función anterior a la celda inmediatamente inferior.

En la Cuenca del Tajo se realiza la simulación con ASTER para las doce subcuencas con importancia desde el punto de vista nival, que son las siguientes:

- Alagón en Gabriel y Galán
- Jerte en Plasencia
- Tiétar en Embalse de Rosarito
- Alberche en Burguillo
- Guadarrama en Picotejo
- Manzanares en Santillana
- Lozoya en Atazar
- Jarama en El Vado

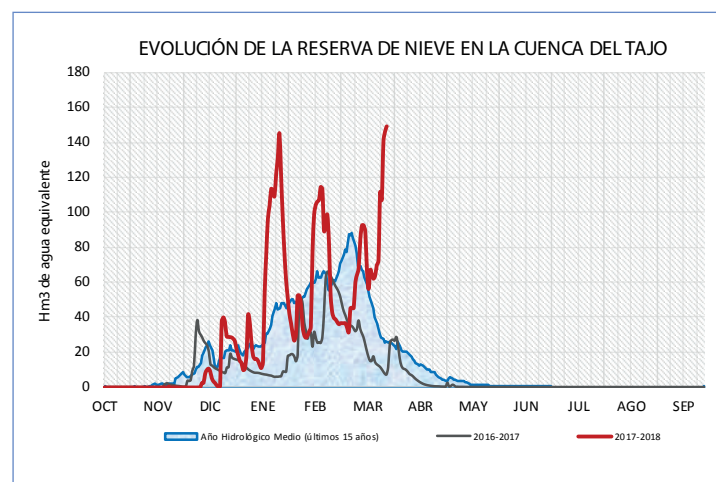
- Sorbe en Beleña
- Bornova en Alcorlo
- Alto Tajo en Entrepeñas
- Guadiela en Buendía

La simulación mensual permite conocer la cantidad de recuso hídrico en forma de nieve para una fecha concreta, mediante la rutina de cálculo de acumulación y fusión de nieve.

En cambio, la simulación semanal se centra en la simulación temporal de caudales en un punto determinado, generalmente en el punto de cierre de las cuencas de estudio.

Durante el presente trienio, las mayores concentraciones de recurso nival se produjeron durante los meses de Marzo y Abril del 2018. En concreto en la simulación realizada el 21/03/2018 se llegaron a almacenar 149.11 Hm³ de volumen de agua en forma de nieve.

En el gráfico adjunto, puede observarse la distribución de este volumen entre las 12 subcuencas nivales, así como la comparativa con el volumen nival de hace un año y con el promedio de los últimos 15 años.





En el SAIH los nivómetros que están instalados se basan en la medición de la absorción de rayos cósmicos (NRC) que constan de los siguientes elementos:

- Captador de rayos cósmicos (RC), enterrado en ubicación cercana al mástil
- Medidor de presión atmosférica
- Medidor de temperatura
- Medidor ultrasónico (US) para la medida de altura de nieve
- Conjunto de Adquisición de datos, comunicaciones y sistema de protección
- Sistema de alimentación con panel solar, baterías y regulador fotovoltaico

Todo el conjunto está emplazado en un mástil de 4 a 6 metros de altura que debe resistir el esfuerzo provocado por vientos de hasta 200 Km/h, de acuerdo a Eurocode 3. Los datos brutos recibidos por el medidor RC, el medidor de presión atmosférica, temperatura y medidor ultrasó-

nico son recogidos por una remota que trata estos datos y los envía al centro de control de cuenca, normalmente mediante enlace vía satélite.

Sin embargo, debido a que el captador de rayos cósmicos (RC) ya no se fabrica, se están empezando a usar otros dispositivos más modernos, son los pluviómetros de pesaje de OTT Pluvio² L, al que se le ha incorporado unos elementos deflectores para mejorar aún más su medida. Esta tipología de pluviómetros, ya se encuentran instalados en varios puntos de la cuenca con resultados satisfactorios.

El pluviómetro OTT Pluvio² L mide de forma exacta y fiable cualquier tipo de precipitaciones como llovizna, lluvia intensa, cellisca, granizo o nieve. Con el método de medición por pesaje se registra tanto la cantidad como la intensidad de todas las precipitaciones considerando factores marginales como la temperatura y el viento. Otra de sus ventajas es que tiene una larga vida útil y un coste operativo bajo.

3. Control y análisis de los riegos

Durante la campaña de riegos, que normalmente se desarrolla desde el mes de marzo a octubre inclusive, se procede a realizar un análisis mensual de los caudales y volúmenes derivados para satisfacer las necesidades de riego.

Antes de que comience la campaña se realiza la comprobación (con agua en los canales cuando es posible) de todos los medidores de velocidad y caudal, para chequear que el funcionamiento es correcto y asegurar que estén operativos para cuando se comiencen los riegos.

Posteriormente se proceden a realizar aforos en dichos canales por el personal del SAIH, con el fin de contrastar que los datos registrados por los sensores son correctos, en caso contrario, se realiza el ajuste pertinente.

La UTE SICE-OFITECO cuenta con varios equipos basados en tecnología Doppler que permiten la medición de caudal en los canales y son; FlowTracker, RiverCat

y M9, de los que se darán más detalles en un epígrafe posterior.

En los informes mensuales se recogen los datos y la evolución de los caudales medios mensuales y del volumen total mensual que se ha consumido por las zonas regables durante el año hidrológico que se está analizando. Para ello, se divide a la Cuenca del Tajo según las cuatro zonas de explotación (Madrid, Talavera, Plasencia y Guadalajara) y se analizan los datos registrados por los caudalímetros situados en los puntos de control de cada una de estas zonas. También se establece una comparativa con la evolución de la campaña de riegos del año anterior y con la media histórica calculada desde el año 2004-2005.

A modo de ejemplo, se muestra a continuación las tablas resumen para la campaña de riegos del año 2017-2018.



ZONA 1ª EXPLOTACIÓN	MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		VOLUMEN
	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	
	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	
Riegos de Estremera																	
Impulsión N°1-Maquilón	0,00	0,00	0,02	0,06	0,07	0,18	0,05	0,14	0,06	0,16	0,03	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	
Impulsión N°2-Fuentidueña	0,00	0,01	0,04	0,11	0,15	0,40	0,16	0,42	0,21	0,57	0,19	0,51	0,07	0,19	0,04	0,11	
Impulsión N°3-Buenamesón	0,00	0,01	0,08	0,22	0,23	0,61	0,29	0,75	0,51	1,36	0,40	1,06	0,16	0,41	0,04	0,11	
Impulsión N°4 Villamanrique de Tajo	0,01	0,02	0,08	0,21	0,18	0,48	0,22	0,58	0,33	0,88	0,21	0,57	0,06	0,17	0,03	0,07	
Total Riegos de Estremera	0,01	0,04	0,23	0,60	0,63	1,68	0,73	1,89	1,11	2,97	0,83	2,23	0,30	0,77	0,11	0,30	10,58
Caz Chico	0,00	0,00	0,05	0,12	0,80	2,15	0,76	1,96	1,12	3,01	0,95	2,56	0,51	1,33	0,17	0,44	11,58
Canal de las Aves	0,00	0,00	0,33	0,84	2,31	6,19	1,88	4,87	3,37	9,03	3,23	8,64	1,62	4,20	0,00	0,00	33,78
Acequia del Tajo	0,00	0,00	0,26	0,68	2,15	5,76	1,91	4,96	2,51	6,72	2,23	5,98	1,64	4,24	0,50	1,34	29,69
R.A.Jarama	0,00	0,00	0,71	1,85	5,96	15,97	8,07	20,90	11,80	31,60	11,35	30,41	4,80	12,45	1,78	4,75	117,94
Impulsión de Añover	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,86	1,34	3,48	1,63	4,38	1,63	4,36	0,72	1,86	0,00	0,00	14,94
Riegos de la Sagra-Torrijos	0,00	0,00	0,03	0,07	0,14	0,37	0,14	0,35	0,30	0,80	0,28	0,76	0,22	0,56	0,07	0,18	3,10

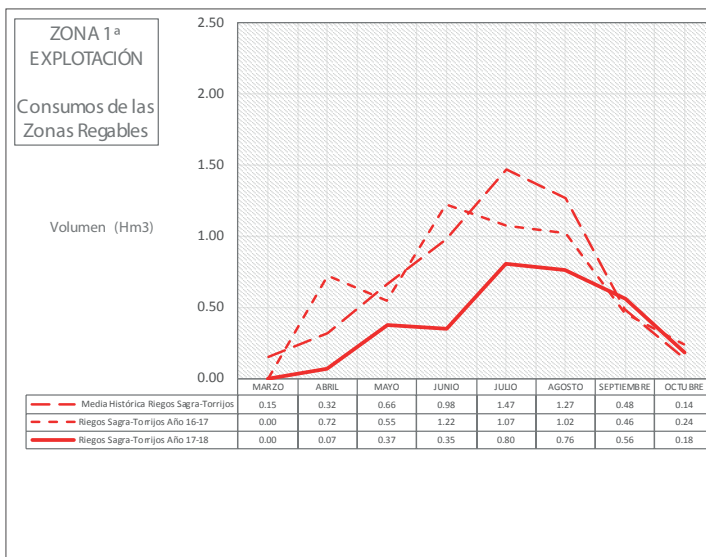
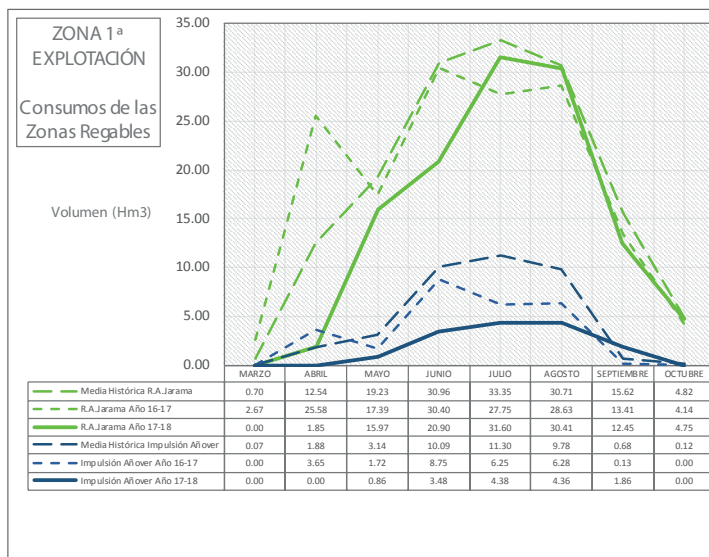
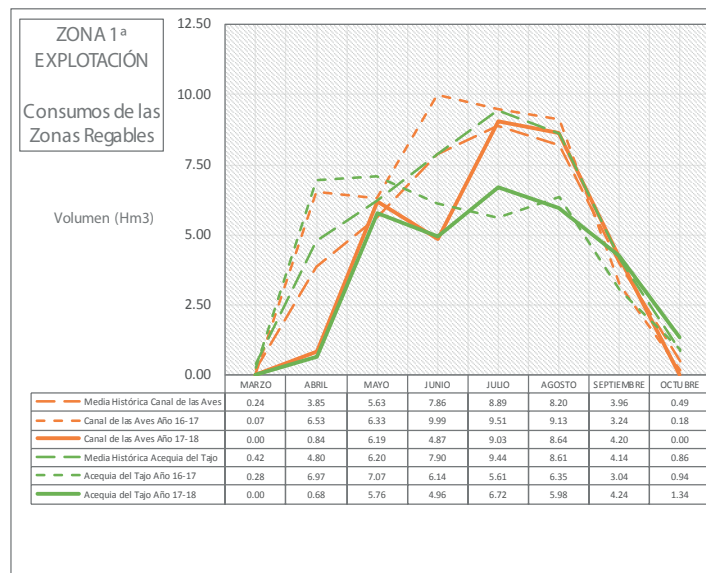
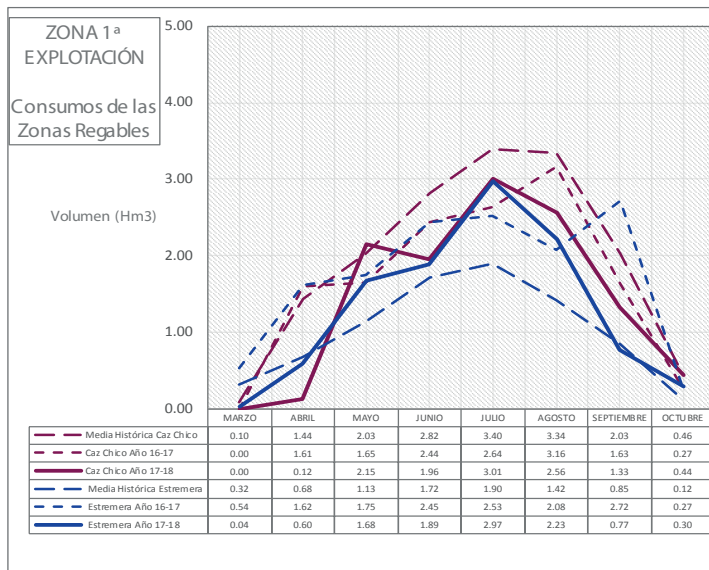
ZONA 2ª EXPLOTACIÓN	MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		VOLUMEN
	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	
	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	
Canal de la m. derecha de Castrejón	0,00	0,00	0,07	0,18	0,21	0,56	0,22	0,57	0,31	0,82	0,28	0,74	0,14	0,37	0,06	0,16	3,39
Canal de la m. izquierda de Castrejón	0,00	0,00	0,15	0,40	1,19	3,18	1,60	4,14	2,23	5,99	2,28	6,10	1,51	3,92	0,68	1,82	25,55
Canal del Alberche (TAJO LAS PARRAS)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Canal del Alberche (CAZALEGAS)	0,00	0,00	0,02	0,06	2,44	6,54	4,08	10,58	6,13	16,41	6,56	17,57	4,00	10,37	0,59	1,59	63,12
Riegos de Alcolea (impulsión Azután)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	1,19	0,85	2,20	1,64	4,40	1,89	5,06	1,01	2,61	0,21	0,56	16,03
Canal de cabecera en Rosarito	0,00	0,00	0,00	0,00	5,76	15,42	5,47	14,18	8,93	23,91	9,59	25,70	5,56	14,42	1,37	3,66	97,29
Canal margen izquierda de Rosarito	0,00	0,00	0,00	0,00	2,13	5,70	2,86	7,41	4,84	12,96	5,05	13,53	2,89	7,49	0,71	1,89	48,98
Canal de Valdecañas	0,00	0,00	0,03	0,09	0,03	0,48	0,42	1,09	0,62	1,66	0,73	1,95	0,42	1,10	0,22	0,59	6,95
Riegos de Azutan	0,00	0,00	0,01	0,06	0,23	0,62	0,24	0,62	0,35	0,95	0,36	0,96	0,26	0,68	0,00	0,01	3,90

Dato proporcionado por técnicos de la zona de explotación (CHT)



ZONA 3ª EXPLOTACIÓN	MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		VOLUMEN
	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	
	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	
Canal margen izquierda de Alagón	0,00	0,00	0,00	0,00	9,93	26,60	14,10	36,54	18,11	48,51	18,63	49,91	13,04	33,81	1,99	5,33	200,70
Canal margen derecha de Alagón	0,00	0,00	0,00	0,00	7,51	20,13	12,42	32,19	17,26	46,23	18,39	49,25	10,74	27,83	1,20	3,20	178,82
Canal Sector XVII	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,50	0,58	1,55	0,53	1,43	0,05	0,14	0,00	0,00	3,61
Riegos Arrago Mizquierda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,07	0,39	1,02	1,27	3,39	1,43	3,83	0,54	1,41	0,11	0,29	10,01
Riegos Arrago Mderecha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,16	0,79	2,06	3,61	9,67	5,69	15,25	2,48	6,43	0,19	0,50	34,07
Canal IIIA Rivera de Gata	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,38	1,23	3,18	2,93	7,84	2,99	8,01	1,79	4,64	0,30	0,80	24,84
Canal IIIB Rivera de Gata	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,11	0,66	1,72	1,76	4,70	1,91	5,13	1,04	2,69	0,14	0,38	14,73
Canal IIB Rivera de Gata	0,00		0,00	0,00	0,08	0,21	1,08	2,79	2,89	7,73	3,02	8,09	1,53	3,96	0,21	0,55	23,32
Canal del Encín	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	1,08	0,70	1,80	0,93	2,49	0,97	2,60	0,70	1,81	0,11	0,28	10,05
Riegos del Ambroz	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,35	0,69	1,79	1,19	3,19	1,48	3,96	0,95	2,46	0,09	0,23	11,98

ZONA 4ª EXPLOTACIÓN	MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		VOLUMEN
	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	Qmedio	Volumen	
	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm3)	(m³/s)	(Hm3)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	(m³/s)	(Hm³)	
Riegos del Bornova	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,22	0,23	0,61	1,50	4,02	1,70	4,54	1,21	3,14	0,02	0,06	12,59
Riegos del Henares	0,00	0,00	0,11	0,29	3,03	8,12	1,54	4,00	2,17	5,82	2,16	5,78	0,72	1,85	0,00	0,00	25,86



4. Control y análisis de embalses

En todos los embalses, una de las medidas más crítica es el nivel, puesto que de este sensor depende el cálculo de otras magnitudes como el caudal de salida por los distintos órganos de descarga de la presa, así como el cálculo del volumen de aportación al embalse.

Por esta razón desde el CCC del SAIH se realiza todos los días un chequeo exhaustivo de la medida que arrojan estos sensores, se visualiza que la tendencia que registran es adecuada y además se comprueba el dato por vía telefónica, con los responsables de explotación de la presa y con las empresas concesionarias.

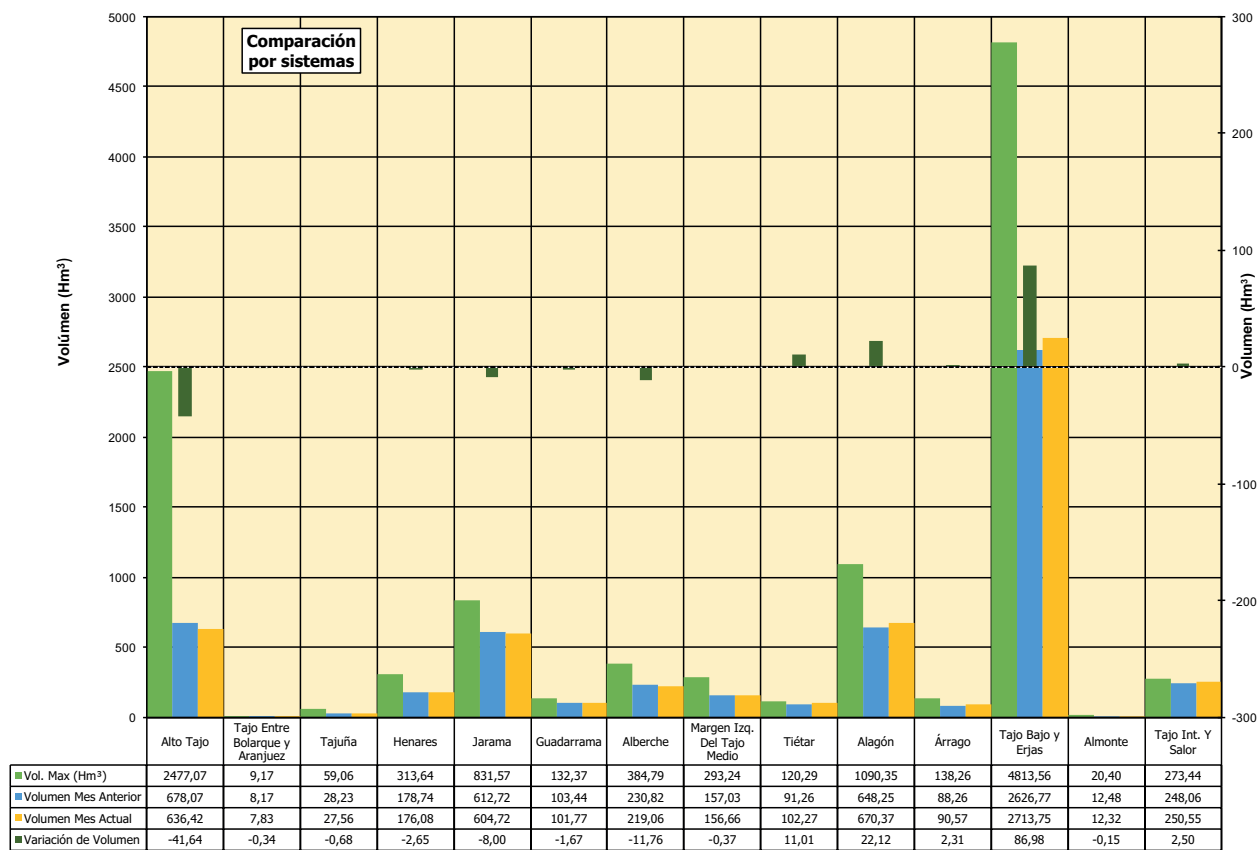
Además, durante el trienio 2017-2019 se ha continuado con la realización de los informes mensuales de embalses, en los que se analiza la evolución de volumen de los diferentes embalses de la cuenca del Tajo, así como la evolución de las aportaciones y salidas de los embalses, tanto en el mes

actual como a lo largo del año hidrológico. Para ello, se hace un estudio individualizado y agrupado por sistemas analizando los siguientes aspectos:

- Estado de los embalses y capacidad máxima de cada uno
- Situación de cada embalse el último día de cada mes
- Comparación del volumen de embalse del mes actual con el mes anterior de la cuenca del Tajo completa y los diferentes sistemas
- Volumen de llenado de los embalses a lo largo del año hidrológico
- Evolución de las aportaciones y salidas de embalses en la cuenca del Tajo y por sistemas
- Evolución del año hidrológico actual comparando con los percentiles históricos, en los embalses que están en régimen natural

A continuación, se muestran algunas imágenes correspondientes al informe de embalses del mes de Marzo 2019.

SISTEMAS	Vol. Max (Hm³)	Volumen Mes Anterior		Volumen Mes Actual		Variación de Volumen	
		Hm³	Porcentaje	Hm³	Porcentaje	Hm³	Porcentaje
Alto Tajo	2477,07	678,07	27,37 %	636,42	25,69 %	-41,64	-1,68 %
Tajo Entre Bolarque y Aranjuez	9,17	8,17	89,09 %	7,83	85,35 %	-0,34	-3,74 %
Tajuña	59,06	28,23	47,81 %	27,56	46,66 %	-0,68	-1,15 %
Henares	313,64	178,74	56,99 %	176,08	56,14 %	-2,65	-0,85 %
Jarama	831,57	612,72	73,68 %	604,72	72,72 %	-8,00	-0,96 %
Guadarrama	132,37	103,44	78,14 %	101,77	76,88 %	-1,67	-1,26 %
Alberche	384,79	230,82	59,99 %	219,06	56,93 %	-11,76	-3,06 %
Margen Izq. Del Tajo Medio	293,24	157,03	53,55 %	156,66	53,42 %	-0,37	-0,12 %
Tiétar	120,29	91,26	75,86 %	102,27	85,02 %	11,01	9,15 %
Alagón	1090,35	648,25	59,45 %	670,37	61,48 %	22,12	2,03 %
Árrago	138,26	88,26	63,84 %	90,57	65,51 %	2,31	1,67 %
Tajo Bajo y Erjas	4813,56	2626,77	54,57 %	2713,75	56,38 %	86,98	1,81 %
Almonte	20,40	12,48	61,15 %	12,32	60,40 %	-0,15	-0,75 %
Tajo Int. Y Salor	273,44	248,06	90,72 %	250,55	91,63 %	2,50	0,91 %
TOTAL TAJO	10957,21	5712,27	52,13 %	5769,93	52,66 %	57,65	0,53 %



5. Balance del año hidrológico

Una vez cerrado el año hidrológico en el mes de octubre, se dispone de toda la información necesaria para poder realizar el balance del año hidrológico recién finalizado.

A partir del volumen de agua recogido en la cuenca por la pluviometría, se determina qué parte se ha empleado para satisfacer las demandas de riegos, abastecimientos, trasvases, etc, qué cantidad de agua ha sido detraída del sistema por la evapotranspiración, y qué parte ha contribuido al incremento o descenso de los volúmenes de embalses con respecto a la situación inicial al comienzo del

año hidrológico objeto de estudio, así como la cantidad de agua que ha salido del sistema como aportación a Portugal.

Los datos de pluviometría, consumos, variaciones de volumen de embalses que se emplean para realizar el balance son los registrados por el SAIH, datos procedentes de los informes mensuales que se han expuesto en los epígrafes anteriores.

A continuación, se muestra el balance correspondiente al Año Hidrológico 2017-2018.





6. Control y Análisis de los Caudales Circulantes

Durante el trienio 2017-2019 se ha continuado con la realización de aforos directos en ríos, canales y marcos de control con el objetivo de obtener datos fiables de nivel y caudal con el fin de calibrar las curvas de gasto de las estaciones de aforo automáticas, además de comprobar las curvas de descarga de los órganos de desagüe de las presas.

A continuación, se hace una descripción de los tres equipos que se utilizan en el SAIH para la medición de caudales: FlowTracker, RiverCat y M9.

6.1. Equipos de aforos

River-Cat

Este equipo se basa en la tecnología Mini-ADP (Acoustic Doppler Profiler) con el fin de medir el perfil de velocidades. Consta de tres transmisores con diferentes orientaciones que generan tres haces a través del agua. Dichos haces son reflejados por las partículas del agua, enviando la información pertinente a un ordenador portátil por medio de un módem de frecuencia de 2.4 Ghz.



Detalle del RiverCat aforando Marco de Control en Coria

Con el RiverCat se pueden medir caudales asociados a calados comprendidos entre 0.5 y 10 m, se pueden realizar batimetrías con calados entre 0.5 y 6m y mide un rango de velocidades de hasta 6 m/s con una resolución de 0.1 cm/s.

Los rasgos generales del RiverCat son los siguientes:

- Construcción ligera en aluminio
- Montaje de la electrónica en el interior de un catamarán
- Sensor Doppler Mini-ADP de 10 cm de diámetro
- Compás y sensor angular internos
- Dimensiones reducidas y electrónicas separadas
- Radio módem, disponible en VHF, UHF, 900 MHz o Spread Spectrum
- Rangos de radio desde metros a kilómetros

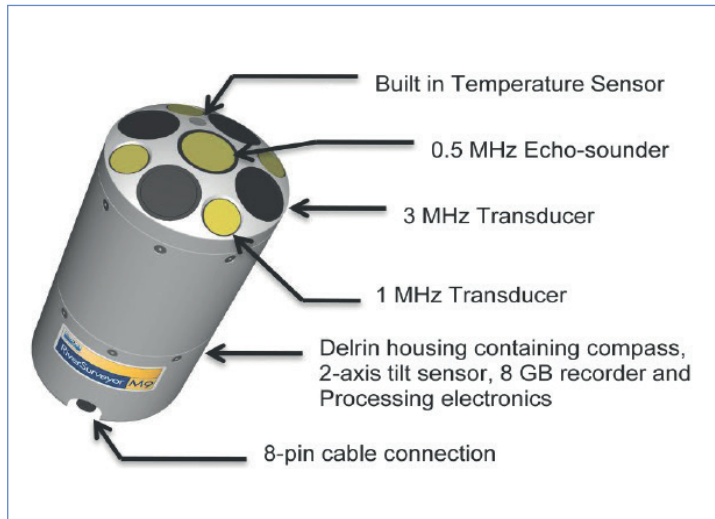
Se cuenta con el software específico del fabricante para realizar tanto el aforo dinámico (Aplicación RiverSurveyor) como el aforo estacionario (Aplicación Stationary Measurement).

Catamarán M9

Este instrumento se basa en la tecnología Doppler River-Surveyor, similar al principio de medición del River-Cat.

La diferencia es que con este instrumento se pueden medir caudales asociados a calados comprendidos entre 0.4 y 20m y mide un rango de velocidades de hasta 6m/s con una resolución de 0.1 cm/s.

Con el M9 se pueden realizar dos tipos de aforos; dinámico y estacionario, dependiendo de las condiciones de la lámina de agua y de la velocidad de la misma.



Sensor Doppler del RiverSuveryor M9

Por lo general, cuando la velocidad del agua es muy baja, se prefiere emplear el método estacionario puesto que es más fiable ya que con el método dinámico la dispersión entre las pasadas es más elevada.

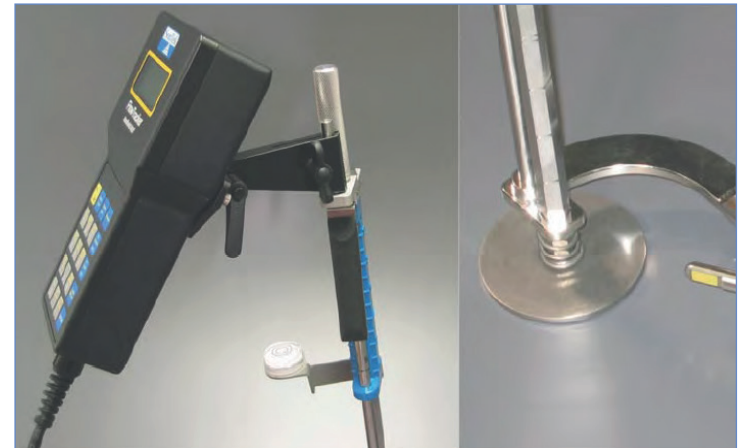


Realizando un aforo con el M9 en el Canal de Rosarito

FlowTracker

El principio de medida de este instrumento es el ADV (Velocímetro Acústico Doppler) que funciona de la siguiente manera:

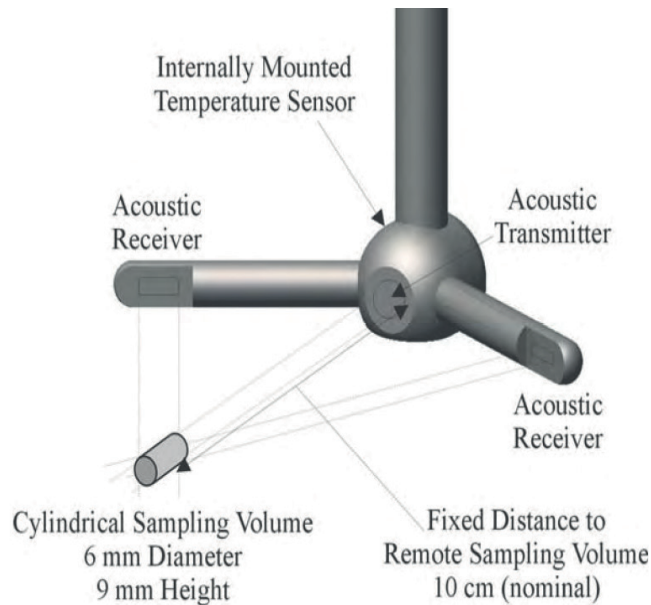
- El transmisor genera un pulso corto de sonido es una frecuencia conocida
- A medida que el pulso atraviesa el volumen de muestreo, el sonido es reflejado en todas las direcciones por las partículas del agua (sedimentos, pequeños organismos, burbujas, etc)
- Los receptores acústicos reciben la señal reflejada
- El FlowTracker mide el cambio de frecuencia (efecto Doppler) para cada receptor



Detalle del display y sensor del FlowTracker

El FlowTracker presenta las siguientes ventajas:

- Calibración invariable en fábrica, con lo que no son necesarias calibraciones periódicas. Esta calibración no varía a menos que el sensor Doppler resulte dañado



Detalle del sensor doppler del FlowTracker

- Rendimiento excelente en corrientes grandes y pequeñas, precisión del 1% de la velocidad media
- Puede medir velocidades en 2D y en 3D, desde 0.0001 a 4.5 m/s
- Los datos de velocidad pueden ser usados inmediatamente sin necesidad de correcciones postproceso

El FlowTracker se utiliza para el aforo con vadeo y consta de una barra vadeadora, cable de alimentación, baterías AA, sensor Doppler y cuadro de control. Permite medir el caudal circulante en tiempo real, combinando los datos de velocidad con la posición de la estación, el calado del agua y otros parámetros.

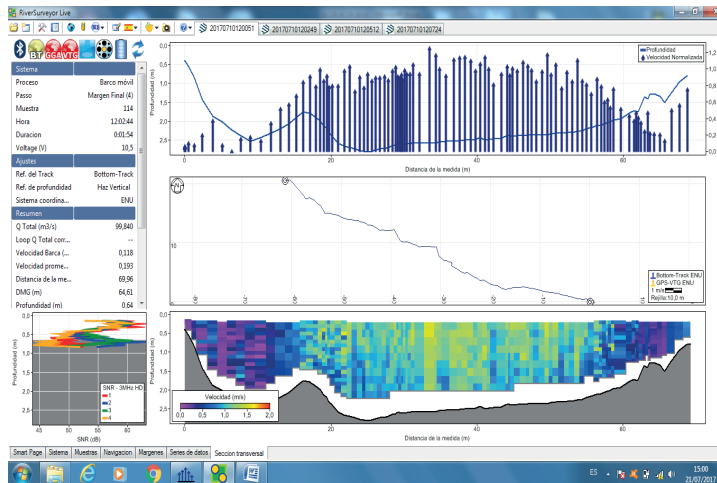
Estos datos de velocidad son recogidos en cada posición de medida durante el tiempo especificado por el usuario. Además, graba la velocidad en bruto por segundo, la velocidad promedio y los datos de control de calidad del aforo.

En la actualidad, se cuenta con dos equipos FlowTracker, uno de ellos con la barra de vadeo estándar (1.2 m de longitud) y el otro con una barra de vadeo de 3.00 m, empleada principalmente en la realización de aforos desde puentes y pasarelas.



Realizando aforo en Garganta Jaranda con FlowTracker

6.2. Aforo Dinámico



Detalle de resultado obtenido en un Aforo Dinámico con M9

Este método consiste en realizar varias pasadas con el M9 en una sección transversal del cauce. El catamarán movido por dos operarios, cada uno situado en una de las márgenes o en una pasarela sobre el canal, realiza un movimiento de margen a margen perpendicular al flujo del agua.

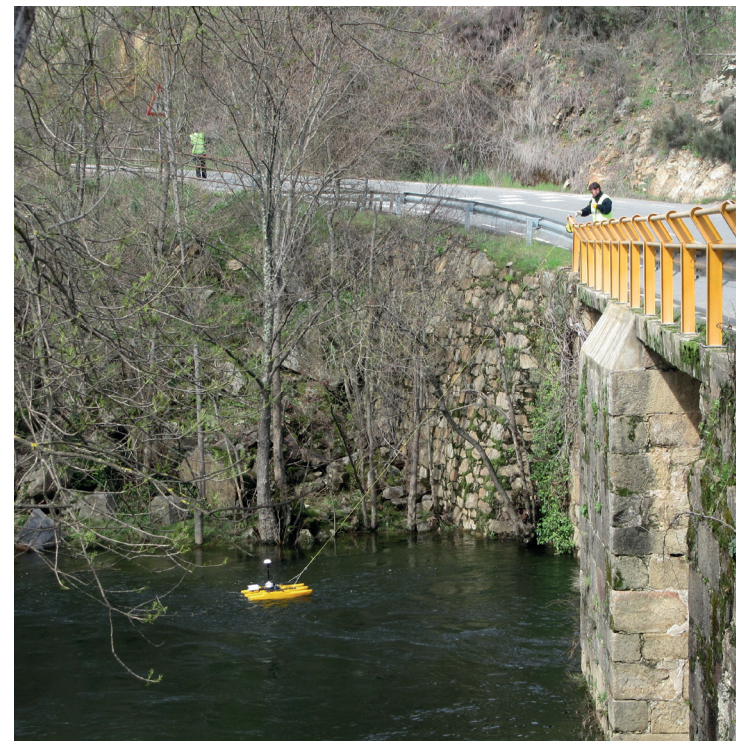
A continuación, se adjunta la pantalla que se obtiene con el aforo dinámico.

En la parte izquierda de la pantalla se recoge la información más importante del aforo:

- Datos del perfil: nombre de la pasada, número de perfiles, hora de inicio y fin de la pasada
- Datos del caudal: caudal medido, porcentaje de caudal medido respecto del caudal circulante, área total, velocidad media del aforo.

- Datos del recorrido: velocidad del barco, velocidad del agua en cada celda, ancho del recorrido que realiza el barco, profundidad de cada perfil, etc
- Datos del sensor: se recogen los datos de los tres haces: heading, pitch y roll, temperatura del agua, voltaje, etc.

El aforo se realiza siguiendo los procedimientos indicados por el fabricante, como son: número mínimo de pasadas que deben ser cuatro, dispersión de los caudales obtenidos en las cuatro pasadas que ha de ser menor del 5%, comprobación del total de las áreas obtenidas, de los anchos registrados, etc.



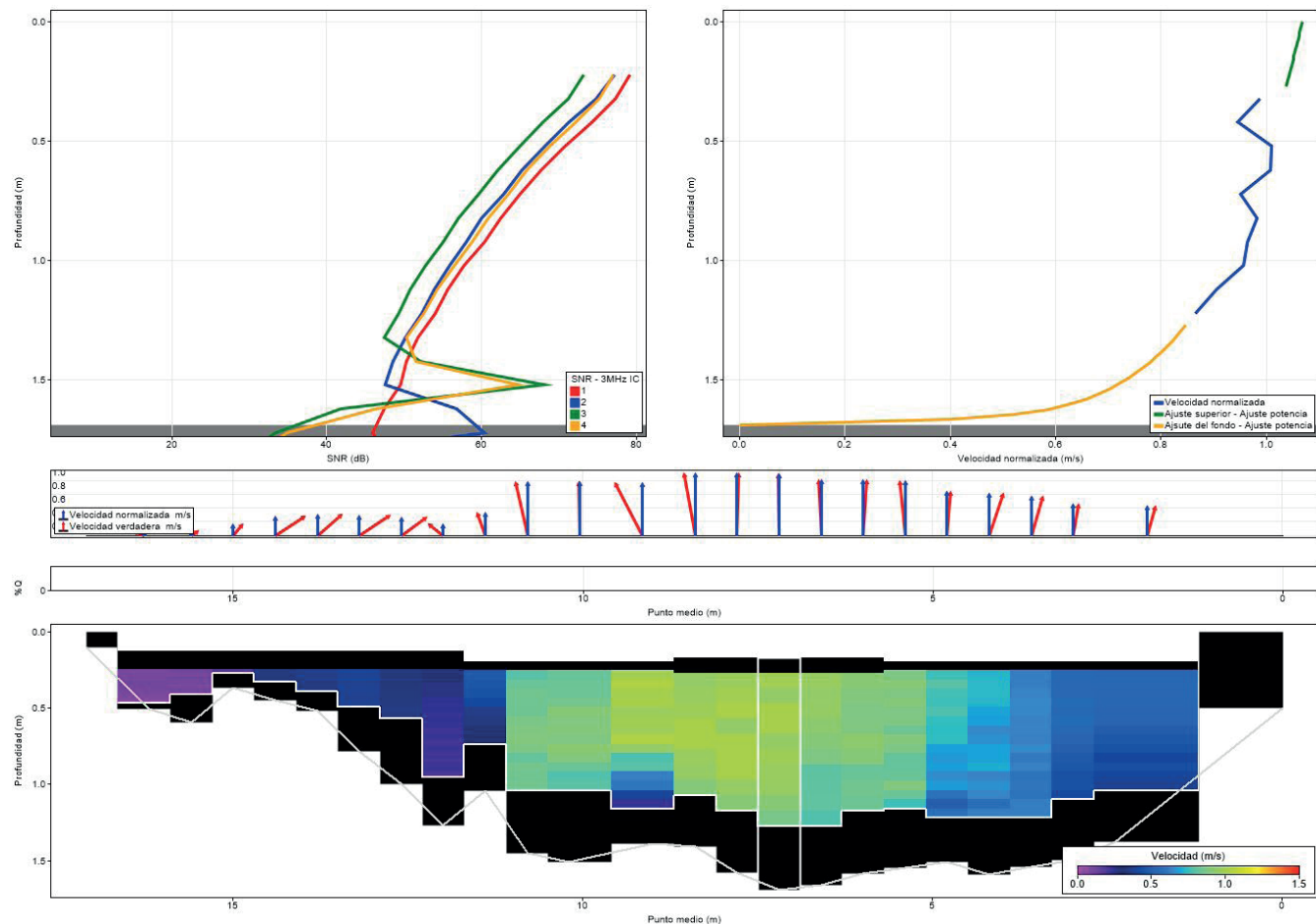
Detalle del M9 realizando un aforo en Jerte en el Torno



6.3. Aforo Estacionario

La metodología empleada en la realización de este tipo de aforo es similar a la que se sigue en el aforo con molinete, viene definida por la Norma ISO 748-2007 (E) y la ISO 9825-2005 (E).

Para la realización de este tipo de aforo es imprescindible el poder acceder a las dos márgenes, puesto que hay que colocar el tagline transversal al cauce, tensarlo y fijarlo. A continuación, a través de una cuerda, se engancha el catamarán al tagline y uno de los operarios se encarga de mover el barco colocándolo en cada uno de los perfiles de medición.



Detalle del resultado obtenido en un Aforo Estacionario con M9

La diferencia fundamental entre el método dinámico y estacionario, es que con éste se realiza una única pasada en la que el catamarán toma los datos cuando se encuentra estacionado, mientras que con el dinámico el número mínimo de pasadas es cuatro.

Para cada perfil de medida o estación, se obtiene la velocidad, el caudal y el calado en dicha sección. La pantalla resumen que se obtiene es la siguiente:

- En la primera imagen, se representa un gráfico que muestra el nivel de ruido de la señal con respecto a la profundidad
- La segunda imagen representa la velocidad normalizada y la velocidad real

- La tercera imagen nos muestra la batimetría del canal en la sección aforada

Además, se obtiene la siguiente tabla resumen del aforo. En igualdad de condiciones es preferible emplear el método estacionario al dinámico, puesto que se reduce la incertidumbre del aforo y además el procedimiento de ejecución está sujeto a una norma ISO.

En ambos métodos, los datos de velocidad y caudal se pueden obtener inmediatamente un vez finalizado el aforo, aunque estén sin validar. Posteriormente, en gabinete, se procede a realizar el informe correspondiente comprobando previamente que todos los resultados obtenidos durante el aforo han sido correctos.



Resultados de la medida									
#	Tiempo	Punto medio	Superficie	Temperatura	Profundidad	Angulo del flujo	Velocidad promedio	Area	% Estacion Q
1	10:33:06	0.00	N/A	0.0	0.50	0.0	0.453	0.600	0.271
2	10:33:06	2.40	Aguas abiertas	10.5	1.37	6.5	0.453	2.059	0.932
3	10:34:14	3.00	Aguas abiertas	10.5	1.49	4.0	0.479	0.893	0.428
4	10:35:13	3.60	Aguas abiertas	10.6	1.54	6.5	0.596	0.922	0.550
5	10:36:08	4.20	Aguas abiertas	10.6	1.58	7.1	0.639	0.950	0.607
6	10:37:04	4.80	Aguas abiertas	10.6	1.50	1.5	0.670	0.901	0.604
7	10:38:02	5.40	Aguas abiertas	10.5	1.54	-2.2	0.819	0.922	0.755
8	10:38:59	6.00	Aguas abiertas	10.6	1.58	1.5	0.836	0.947	0.792
9	10:39:54	6.60	Aguas abiertas	10.6	1.66	-0.8	0.837	0.993	0.832
10	10:40:50	7.20	Aguas abiertas	10.6	1.69	-0.3	0.914	1.012	0.925
11	10:41:48	7.80	Aguas abiertas	10.6	1.57	0.4	0.936	0.943	0.883
12	10:42:46	8.40	Aguas abiertas	10.6	1.40	-4.0	0.926	0.842	0.780
13	10:43:45	9.00	Aguas abiertas	10.6	1.39	-11.5	0.784	1.247	0.978
15	10:45:42	10.20	Aguas abiertas	10.6	1.50	-0.4	0.808	1.351	1.092
16	10:46:37	10.80	Aguas abiertas	10.6	1.44	-5.0	0.803	0.866	0.695
17	10:47:33	11.40	Aguas abiertas	10.6	1.04	-7.6	0.363	0.624	0.227
18	10:48:41	12.00	Aguas abiertas	10.6	1.27	-25.4	0.189	0.759	0.143
20	10:52:05	12.60	Aguas abiertas	10.6	0.99	28.2	0.281	0.596	0.168
21	10:53:00	13.20	Aguas abiertas	10.6	0.78	30.3	0.314	0.467	0.147
22	10:53:59	13.80	Aguas abiertas	10.6	0.52	23.9	0.330	0.311	0.103
23	10:54:55	14.40	Aguas abiertas	10.6	0.45	30.8	0.298	0.269	0.080
24	10:56:52	15.00	Aguas abiertas	10.6	0.37	16.8	0.187	0.221	0.041
25	10:58:04	15.60	Aguas abiertas	10.6	0.59	26.2	0.097	0.356	0.035
26	10:59:16	16.20	Aguas abiertas	10.7	0.51	-38.1	0.083	0.380	0.032
27	10:59:16	17.10	N/A	0.0	0.10	0.0	0.083	0.045	0.004

Comentarios									
Calibración de brújula									
Calibración aprobada									
Duración de la calibración = 62 segundos									
M0.00 = La influencia magnética es aceptable									
Q9 = El campo magnético es uniforme									
H9 = Rotación horizontal completa									
V9 = Alto balanceo/cabeceo									
Recomendación(es):									
Evite cualquier cambio en el instrumento o en su orientación respecto a las influencias magnéticas detectadas durante la calibración del compás.									
Las medidas se han de realizar en emplazamientos con una influencia magnética similar al emplazamiento de la calibración del compás.									

Resumen de Medida de Caudal				Fecha de medida: Jueves, 25 de abril de 2019			
El archivo guardado está en Mis Documentos\Son Tek Data\YYYY_MM_DD\StationaryDataFiles							
Información de la Estación		Información de la Medida					
Estación	AR35	Equipo		Pablo Fran JoseM			
Estación Nº		Plataforma					
Localización		Medida Nº					
Información de Sistema		Configuración del Sistema		Unidades			
Tipo de sistema	RS-M0	Asmut (grados)	355.0	Distancia	m		
Numero de serie	2000	Salinidad (ppt)	0.0	Velocidad	m/s		
Versión de Firmware	4.02	Caudal tedrico (m3/s)	0.00	Area	m2		
		Método de cálculo de caudal	Método de Samssección	Caudal	m3/s		
		Calidad de la medida	—	Temperatura	grados C		
Ajustes del Cálculo de caudal				Incertidumbre caudal			
Ref. del Track	Sistema (por defecto)			Categoría	ISO Estadísticas		
Ref. de profundidad	Haz Vertical			Profundidad	0.12% 1.92%		
Resultados del Cálculo de Caudal				Velocidad	0.34% 1.98%		
Area total	19.477			Ancho	0.12% 0.12%		
Velocidad promedio	0.621			Numero Celdas	0.12% —		
Anchura total	17.100			Numero de estaciones	1.82% —		
Q Total	12.101			Instrumento	0.25% 0.25%		
Profundidad máxima medida(m)	1.687			Total	1.68% 2.78%		
La velocidad máxima medida(m/s)	1.036						
Angulo medio del flujo	3.400						
Caudal tedrico	0.000						
Temperatura del agua (independiente)	0.000						
Temperatura media del flujo	16.573						
Lectura media de escala	0.000						

Detalle del resultado obtenido
en un Aforo Estacionario con FlowTracker

7. Informe del estado general de la Cuenca

Durante el trienio 2017-2019 se ha continuado con la realización de estos informes, en los que se determina el estado de todas las señales de cada uno de los puntos de control, clasificándolas en correctas, defectuosas, con avería grave o fuera de servicio.

También se hace una comparativa del estado de las señales con respecto al mes anterior y se analiza la media de comunicación de los puntos en el mes de estudio.

A continuación, se muestran algunas imágenes del informe correspondiente al mes de Abril 2019.

SITUACIÓN REAL DE LA RED	Nº de puntos	% sobre el total
P.C. CORRECTOS	202	94,39%
P.C. CON ALGUNA SEÑAL DEFECTUOSA	4	1,87%
P.C. CON DATOS NO FIABLES O CON AVERÍA GRAVE	4	1,87%
P.C. SIN SERVICIO	4	1,87%
TOTAL	214	100,00%

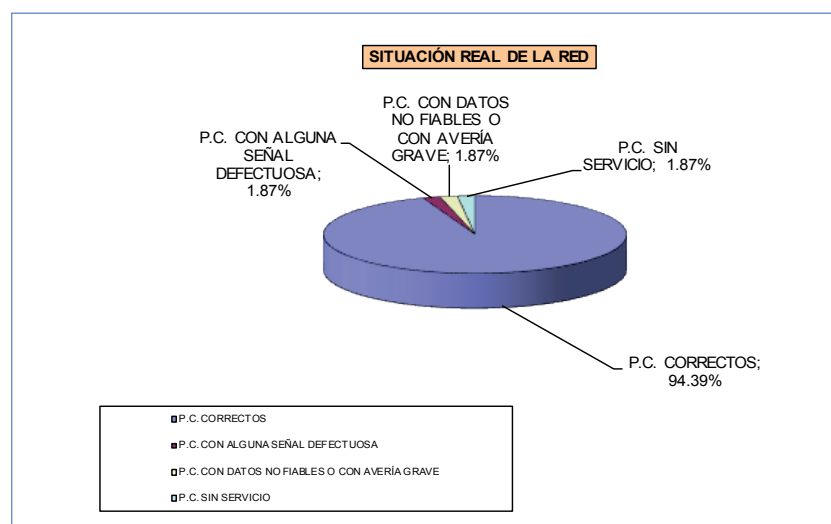
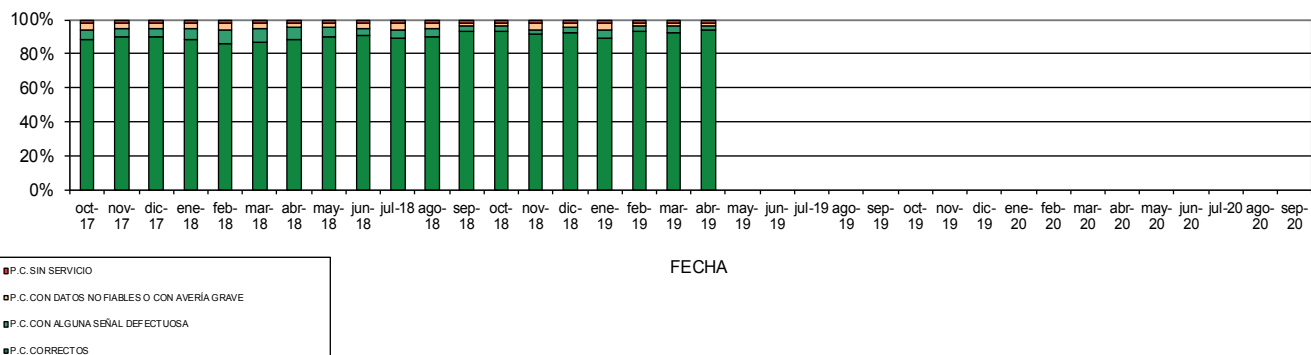


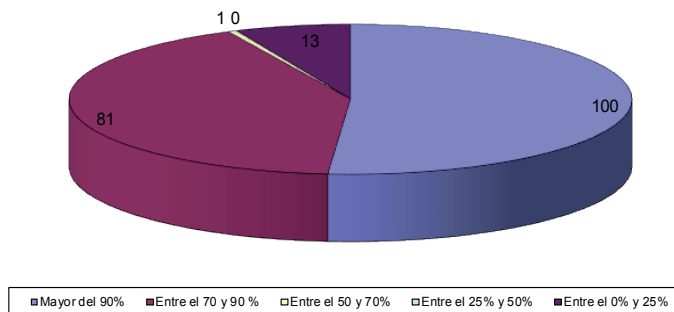


GRÁFICO DE EVOLUCIÓN



% de comunicación	Nº de puntos	% de puntos de la cuenca sobre el total (sin incluir nivómetros)
Mayor del 90%	100	51,28%
Entre el 70 y 90 %	81	41,54%
Entre el 50 y 70%	1	0,51%
Entre el 25% y 50%	0	0,00%
Entre el 0% y 25%	13	6,67%
MEDIA DE COMUNICACIÓN ABRIL DE 2019		83,46%

COMUNICACIÓN DEL SAIH-TAJO EN ABRIL DE 2019



8. Informe del plan especial de sequía

El 26 de Diciembre de 2018, se publica en el BOE la orden de aprobación para la revisión de los Planes Especiales de Sequía correspondientes a las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Ceuta, Melilla, Segura y Júcar, a la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Miño-Sil, Duero, Tajo, Guadiana y Ebro, y al ámbito de competencias del Estado de la parte española de la demarcación hidrográfica del Cantábrico Oriental. Estos nuevos planes de gestión de sequía sustituyen a los hasta ahora vigentes del año 2007.

Con la entrada en vigor de los nuevos planes se pasa a utilizar un sistema doble de indicadores, que diferencia las situaciones de sequía (entendida como un fenómeno natural), de las situaciones de escasez (relacionadas con problemas coyunturales en la atención a las demandas). En este documento se establecen tres umbrales para cada indicador; prealerta, alerta y emergencia. A cada umbral van asociadas las siguientes medidas:

Los tipos de medidas contempladas se caracterizan por lo siguiente:

- Son medidas de gestión, no incluyendo el desarrollo de obras o infraestructuras, que en su caso deberán ser planteadas en la próxima revisión del plan hidrológico. Por consiguiente, este plan especial no es marco para la aprobación de proyectos de infraestructuras, en particular de aquellas que puedan requerir evaluación de impacto ambiental.
- Salvo las medidas de previsión, de carácter estratégico, el resto son medidas tácticas de aplicación temporal en situaciones de escasez o al finalizar ésta para favorecer la recuperación del sistema de explotación.
- Las medidas operativas de mitigación de los efectos son de aplicación progresiva. El establecimiento de umbrales de aplicación facilita la profundización de las medidas conforme se agrave la situación de escasez.

Escenarios de escasez	Tipología de acciones y medidas que se activan
Normalidad (Ausencia de escasez)	Planificación general y seguimiento
Prealerta (Escasez moderada)	Concienciación, ahorro y seguimiento
Alerta (Escasez severa)	Medidas de gestión (demanda y oferta) y de control y seguimiento (art. 55 del TRLA)
Emergencia (Escasez grave)	Intensificación de las medidas consideradas en alerta y posible adopción de medidas excepcionales (art. 58 del TRLA)



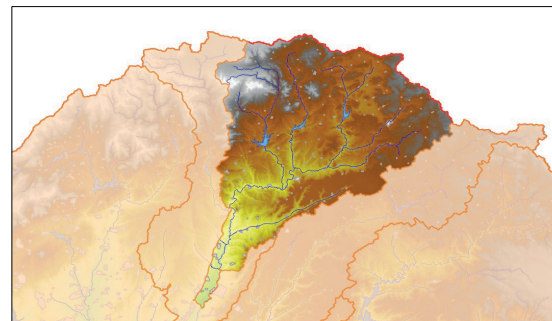
A continuación, se muestran imágenes del informe correspondiente a Junio 2019.

Unidad Territorial de Escasez: Riegos del Henares

Objetivo del indicador de escasez: Permitir la identificación objetiva de situaciones de dificultad para atender a las demandas de regadío atendido con aguas superficiales comprendidas entre los embalses de Alcorlo, Pálmaces y El Atance, y la toma de la Zona Regable del Canal del Henares.

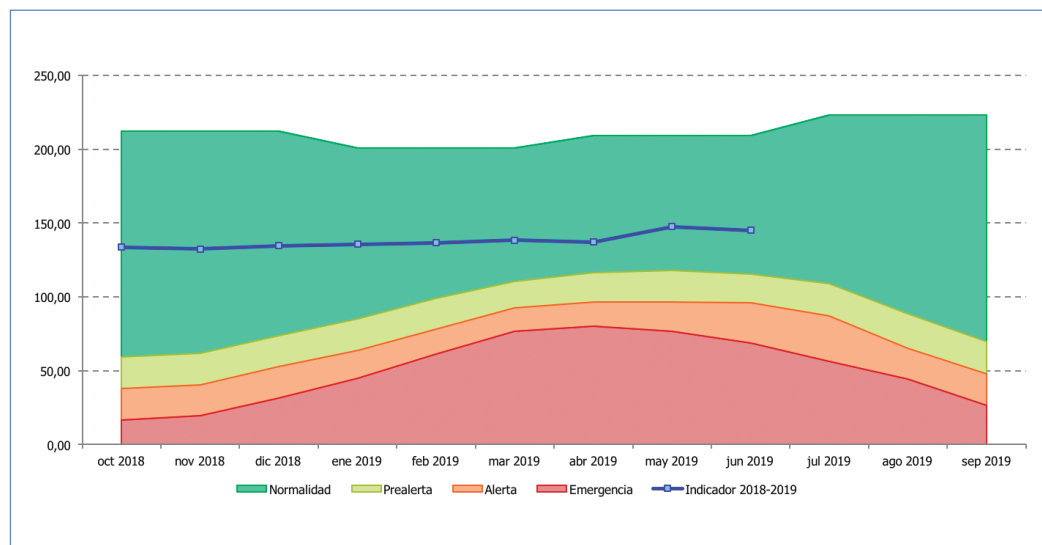
Evolución del indicador en el año hidrológico (datos del 1er día del mes): El indicador de esta UTE son las reservas de los embalses de Alcorlo, Pálmaces y El Atance.

Fuente de los datos: Comisaría de Aguas de la CHT.

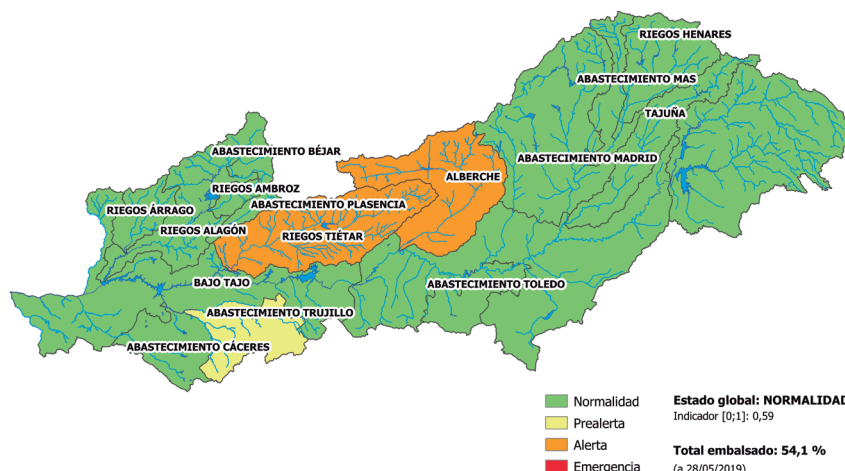


	Oct-2018	Nov-2018	Dec-2018	Jan-2019	Feb-2019	Mar-2019	Apr-2019	May-2019	Jun-2019	Jul-2019	Aug-2019	Sep-2019
	(hm³)	(hm³)	(hm³)	(hm³)	(hm³)	(hm³)	(hm³)	(hm³)	(hm³)	(hm³)	(hm³)	(hm³)
Alcorlo	96,80	95,86	97,25	97,74	98,02	99,22	97,98	103,10	103,02			
Pálmaces	19,23	18,88	19,18	19,37	19,64	20,10	20,08	23,50	22,58			
El Atance	17,48	17,51	18,06	18,46	18,81	19,08	19,02	20,80	19,40			
TOTAL indicador	133,51	132,24	134,49	135,57	136,48	138,40	137,08	147,40	145,00	s/d	s/d	s/d
Indicador normalizado	0,74	0,73	0,72	0,72	0,68	0,66	0,61	0,66	0,66	s/d	s/d	s/d
Umbral de la UTE (fijados en el Plan Especial de Sequías, aprobado por OM/TEC/1399/2018):												
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
	(hm³)	(hm³)	(hm³)	(hm³)	(hm³)	(hm³)	(hm³)	(hm³)	(hm³)	(hm³)	(hm³)	(hm³)
Curva de resguardo	212,01	212,01	212,01	200,55	200,55	200,55	209,13	209,13	209,13	223,36	223,36	223,36
Normalidad- Prealerta	59,33	61,60	73,82	84,89	99,07	110,25	116,42	117,76	115,33	108,97	88,53	69,54
Prealerta- Alerta	37,78	40,31	52,69	63,87	78,17	92,46	96,62	96,56	95,75	87,17	65,30	47,72
Alerta- Emergencia	16,62	19,25	31,51	44,80	60,99	76,66	79,87	76,83	68,51	56,36	44,08	26,63

En el mes de JUNIO de 2019, el indicador alcanza un valor de 145 hm³, que una vez normalizado es de 0'66. La unidad territorial de escasez se encuentra en **NORMALIDAD**.



Mapa del estado de los indicadores de ESCASEZ, junio de 2019





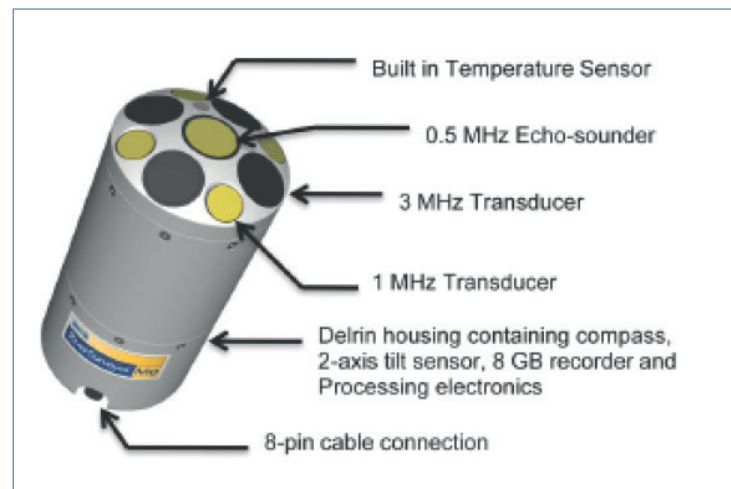
9. Batimetrías de embalses

Durante el trienio 2017-2019 se han realizado tres batimetrías con el objetivo de calcular las curvas de cota-superficie y cota-volumen de los embalses correspondientes. De esta manera, se obtiene un mejor conocimiento del estado en el que se encuentra el embalse, de su nivel de aterramiento, y por tanto los gestores del embalse puedan realizar una mejor explotación del mismo.

El alcance de los trabajos consiste en un levantamiento batimétrico y topográfico que permita obtener la capacidad y superficie del embalse en sus distintas cotas.

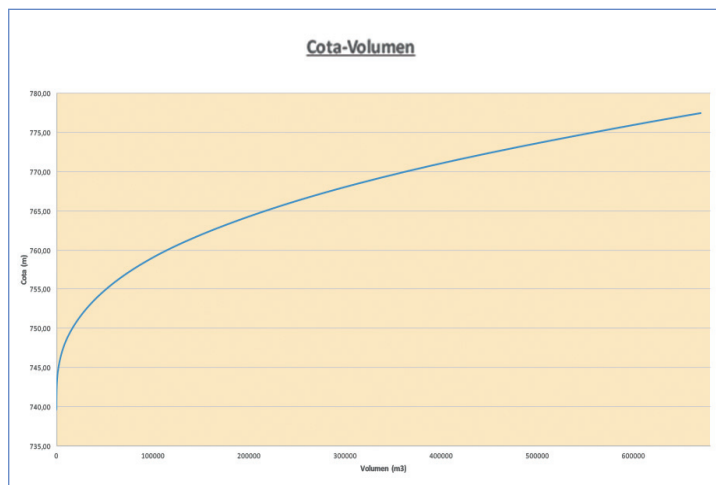
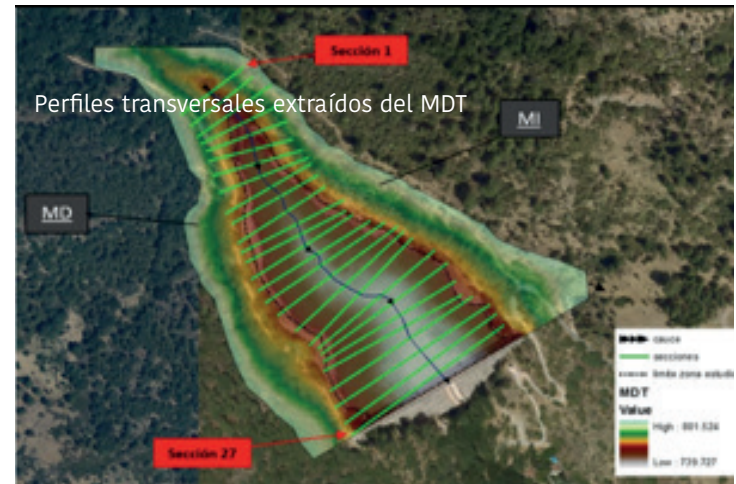
Con el estudio topográfico se consiguen un conjunto de coordenadas que permiten definir las orillas del cauce del río y las bases y coronación de la presa. También se realiza un levantamiento topográfico de puntos de interés para la posterior realización del MDT (modelo digital del terreno). El equipo utilizado para la topografía es la estación total Leica TS02 Flexline.

El levantamiento batimétrico se realiza con el equipo RiverSurveyor M9 que consta de un sensor Doppler que proporciona los parámetros de profundidad y velocidad, además de un GPS que registra las coordenadas X e Y en tiempo real.



A continuación, se muestran varias imágenes de las batimetrías realizadas durante este trienio.

E_53 (PAJARERO)





Durante este trienio se han incorporado varios puntos de control al sistema SAIH, entre ellos el embalse de Pajarero (E_53). Gracias a la batimetría realizada, se ha podido introducir la curva de cota-superficie y cota-volumen al sistema, por lo que se pueden calcular los caudales evacuados por los distintos sistemas de descarga y por tanto mejorar la gestión de este embalse.

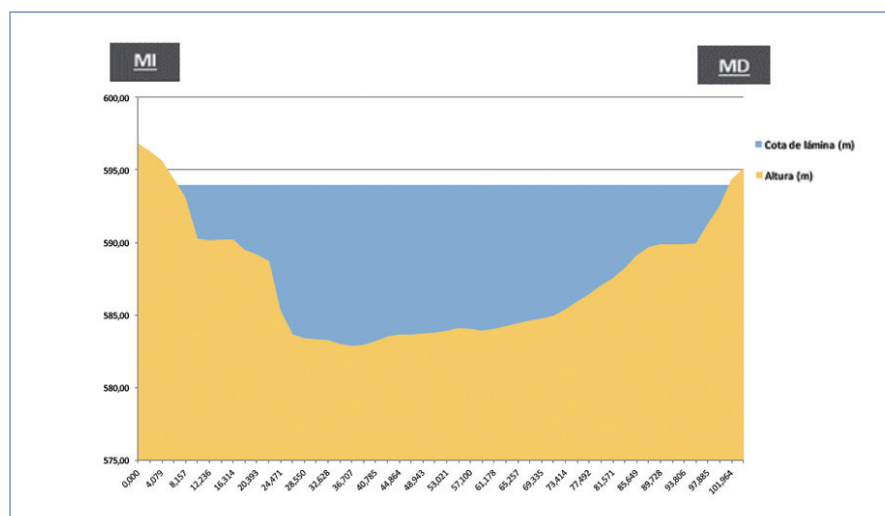
Villanueva de la Vera

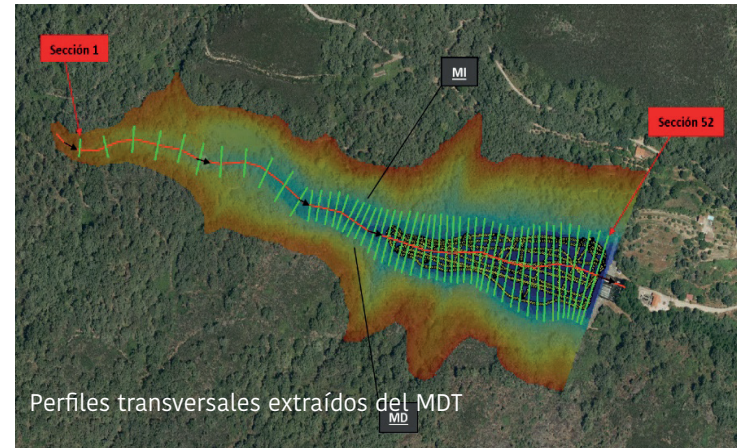
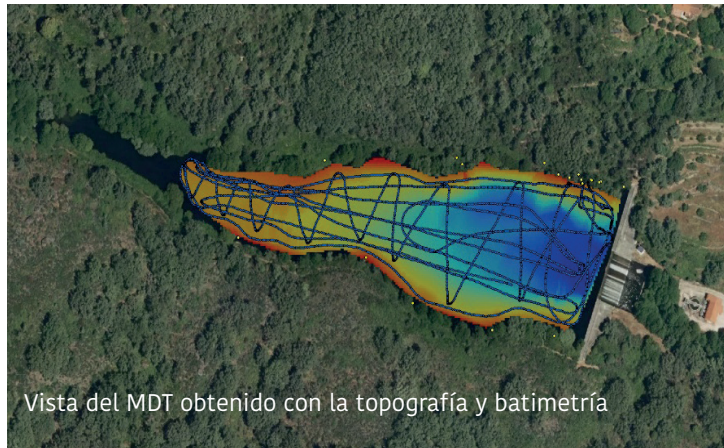


Puntos tomados con estación total



Superficie cubierta por la batimetría







Aldeanueva de la Vera

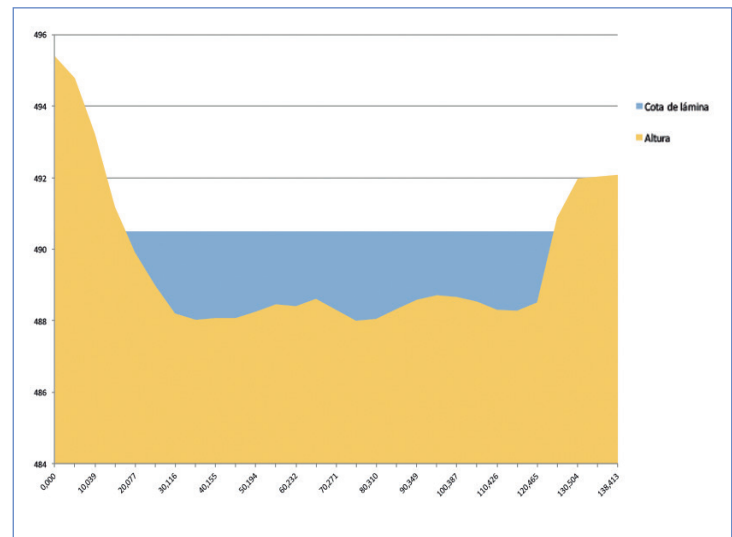
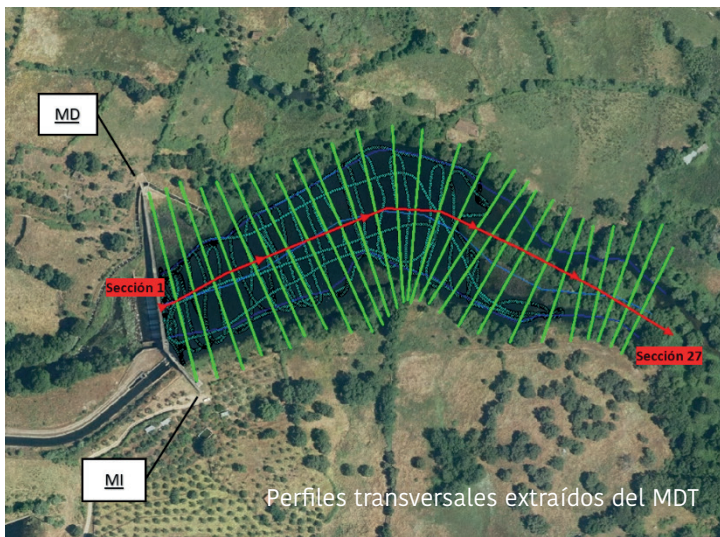




Imagen tomada en campo durante el levantamiento topográfico

Desde el Área de Proyectos y Obras de la Confederación Hidrográfica del Tajo, se planteó la necesidad de calcular el volumen de sedimentos en el embalse de Aldeanueva de la Vera, planteándose por el servicio SAIH la ejecución de una batimetría. Posteriormente, se procedió a incorporar un sensor de nivel en el embalse y otro nivel al final de canal de Aldeanueva, en la cámara de carga. La incorporación de estos sensores se realizó integrándose en el punto de control AC17 (Riegos del Ambroz), debido a su cercanía al embalse.

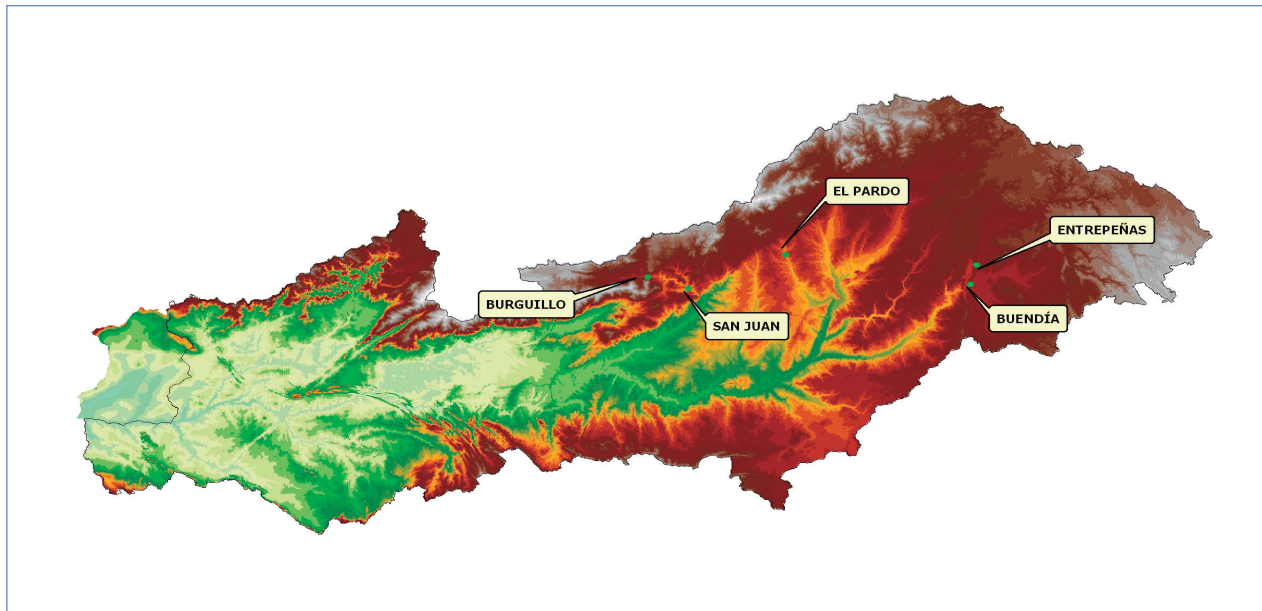
Gracias a estas actuaciones, se pueden gestionar los riegos del Ambroz de una forma más eficiente.



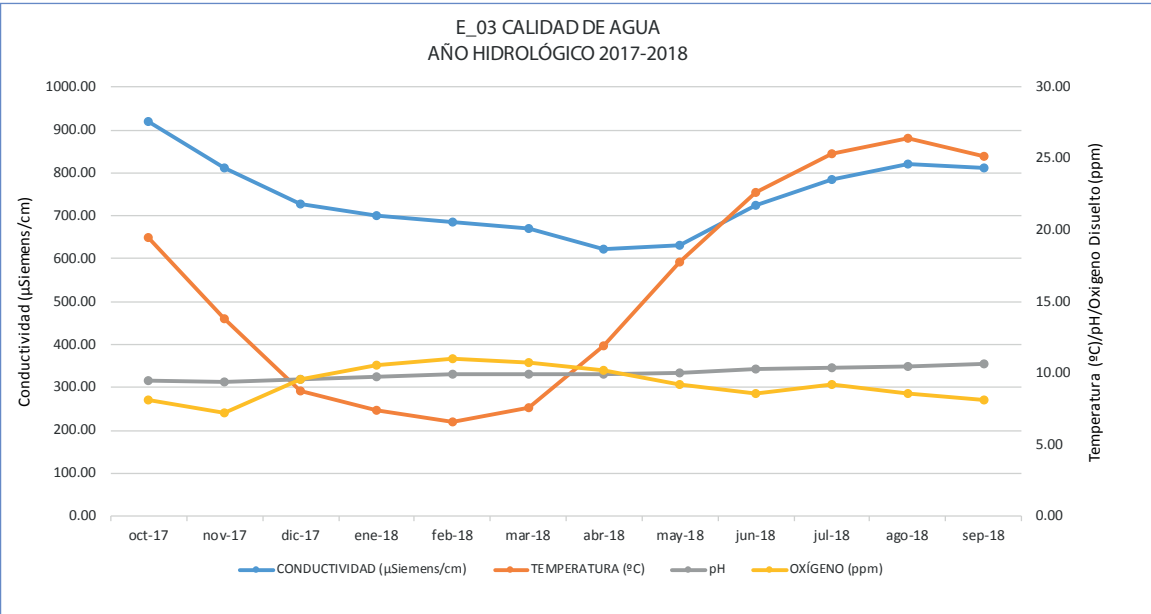
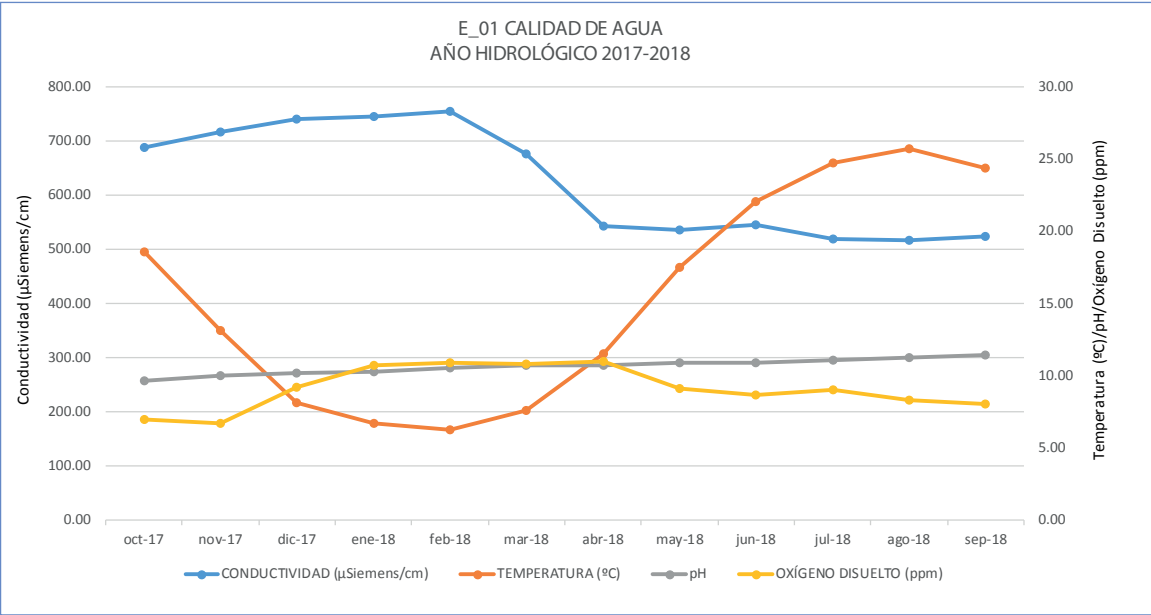
10. Estaciones de calidad de agua

En el SAIH del Tajo, hay instaladas cinco estaciones de calidad, asociadas a los puntos de control ubicados en las siguientes localizaciones:

- E_01: Embalse de Entrepeñas
- E_03: Embalse de Buendía
- E_17: Embalse de Burguillos
- E_19: Embalse de San Juan
- E_21: Embalse de El Pardo



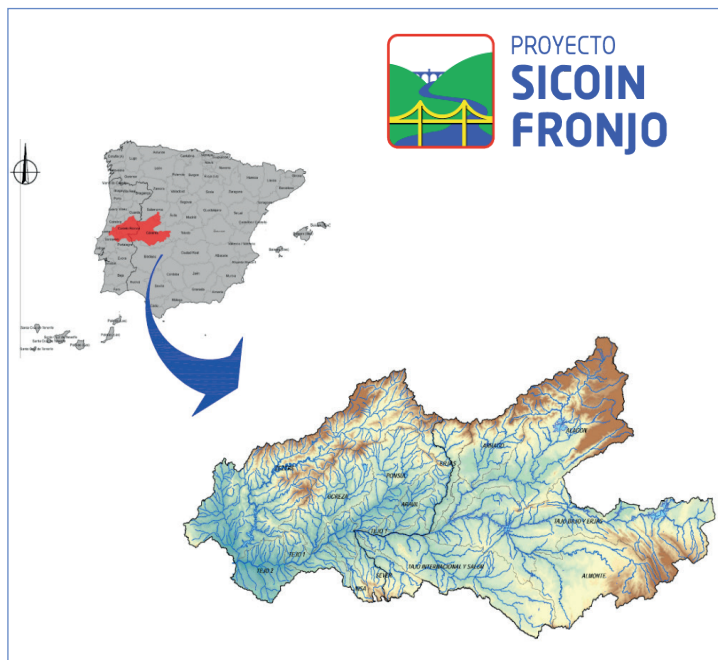
Ubicación de las estaciones de calidad de agua en el SAIH del Tajo





11. Water Information System Kisters (WISKI)

El programa Water Information System Kisters (WISKI) fue utilizado por primera vez en el SAIH del Tajo para la incorporación del proyecto SICOINFRONJO. Este proyecto tiene por finalidad crear un Sistema Automático de Gestión de Información Hidrológica y un Sistema de Ayuda a la Decisión que permita una gestión coordinada del tramo transfronterizo del río Tajo entre las administraciones implicadas de ambos países.



Detalle de la zona portuguesa incorporada al sistema SICOINFRONJO

Los objetivos más importantes que se consiguen con esta incorporación son los siguientes.

Previsión de avenidas

- Información sobre la evolución de la crecida para la toma de medidas necesarias y decisiones excepcionales
- Refuerzo de la seguridad de las presas en situación de avenida
- Comunicación de alerta a las poblaciones de la cuenca cuando se produzcan avenidas extraordinarias

Gestión de recursos hídricos

- Gestión y control hidráulico del conjunto de la zona transfronteriza, principalmente en escenarios de avenida y sequía
- Optimización del aprovechamiento y explotación de los embalses
- Colaboración entre las diferentes entidades, en la optimización de la regulación de los recursos hidráulicos a corto y medio plazo

Disponibilidad de datos históricos

- Recopilación de series de datos fiables y homogéneos para elaborar estadísticas hidrometeorológicas e hidráulicas en ambos ámbitos
- Calibración de los diferentes modelos hidrometeorológicos e hidráulicos diseñados por las administraciones implicadas

El ámbito del Sistema comprende las redes actuales de control hidrometeorológico de la Confederación Hidro-

gráfica del Tajo (España) y la Administração da Região Hidrográfica do Tejo (Portugal). Abarca una extensión total de 26.826 km², 16.270 km² en territorio español y 10.556 km² en territorio portugués.

El Sistema de Ayuda a la Decisión (SAD) SICOINFRONJO recopila la información en tiempo real capturada por las redes de control y la información recibida de la Agencia Estatal de Meteorología. Con dichos datos genera mapas de precipitación y predicciones de caudal de acuerdo a los pronósticos meteorológicos (48 h para el caso de HARMONIE y 240 h para los escenarios ENSEMBLES).

La página web SICOINFRONJO permite el acceso público a información relativa al estado hidrometeorológico actual en el Sistema: caudales en río, pluviometría, niveles de embalse, etc., así como a los pronósticos hidrológicos modelados para diferentes escenarios y horizontes temporales. En el SAIH del Tajo el uso del software WISKI permite las siguientes funcionalidades:

- Gestión y validación de datos históricos
- Cálculos de datos históricos y en tiempo real, gestión de fórmulas históricas, incorporación de nuevas curvas de gasto, cálculos de curvas de doble entrada, etc
- Consolidación de información diaria, mensual y anual

- Gestión de aforos directos y curvas de gasto
- Validación automática: nuevos desarrollos y trasposición de herramientas de validación existentes (SEDH)
- Incorporación de nuevas estaciones de control
- Ampliación del número de señales SAIH:
 - Datos meteorológicos (velocidad viento, humedad relativa, radiación solar, etc)
 - Datos de calidad de agua (embalses)
 - Otros: caudalímetros, posiciones de compuerta/válvulas, potencias turbinadas, etc
- Herramientas de control para el mantenimiento de las estaciones

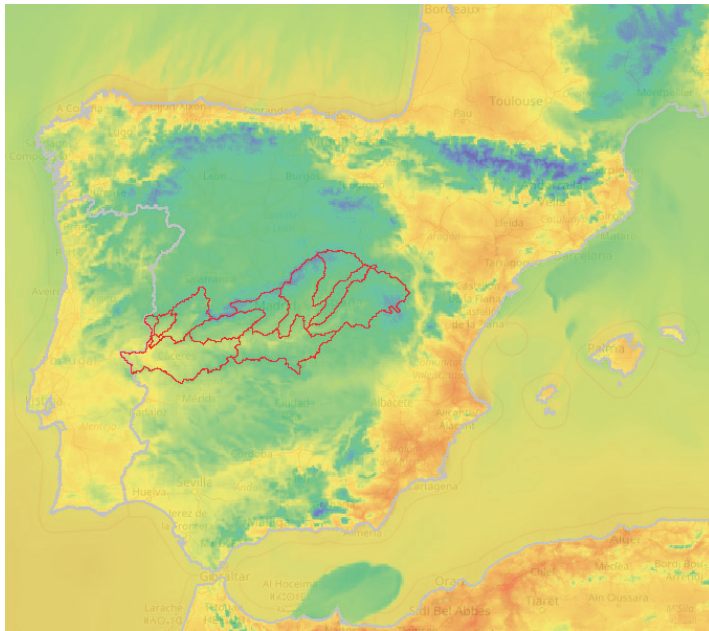
El sistema WISKI es un sistema abierto que permite la interoperabilidad con otras plataformas y aplicaciones por distintos métodos de intercambio, como por ejemplo: ficheros de texto plano, tablas de intercambio, etc, que pueden ser creadas por los usuarios del sistema.

Una de las mayores ventajas que incorpora es la gran rapidez en la gestión y tratamiento de datos hidrológicos, además de no presentar limitaciones de visualización temporal, lo que agiliza los trabajos que se realizan diariamente en el SAIH del Tajo.

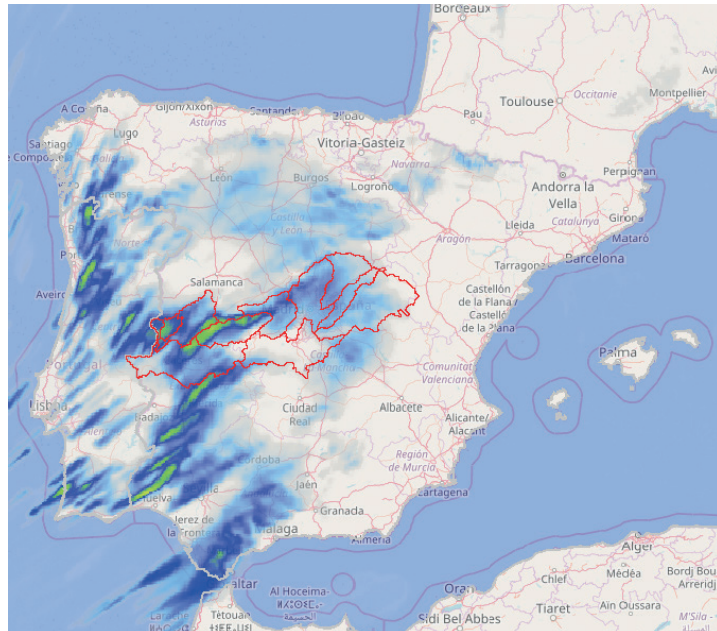


12. Predicciones HARMONIE-AROME

Con el objetivo de conseguir mejores resultados, se ha incorporado un nuevo modelo de predicciones meteorológicas de alta resolución conocido como Harmonie-AROME. Este modelo ha sido ideado por el consorcio europeo ALADIN-HIRLAM y gestionado y distribuido por AEMET. Su alta resolución espacial, de 2.5 km por celda, permite conocer con gran precisión la localización de multitud de variables predecibles en un horizonte de 48 horas con paso de tiempo horario en cuatro pasadas diarias.



Mapa de Temperatura en superficie Harmonie



Mapa de Precipitación Harmonie

A diferencia del Hirlam, modelo meteorológico empleado anteriormente en el SAD (Sistema de Ayuda a la Decisión), el Harmonie es capaz de resolver la convección profunda, responsable de las tormentas y de los grandes sistemas nubosos que producen precipitaciones intensas en nuestro entorno. Además, implica una mejora significativa en las predicciones locales especialmente en fenómenos como lluvias fuertes, nieblas, vientos locales y temperatura.

La mejora en las predicciones meteorológicas implica una mayor precisión en las simulaciones de los modelos hidrológicos. A través de la plataforma FEWS (Flood Early Warning System), es posible visualizar los datos e integrarlos en los modelos hidrológicos ya existentes, para obtener mejores resultados.

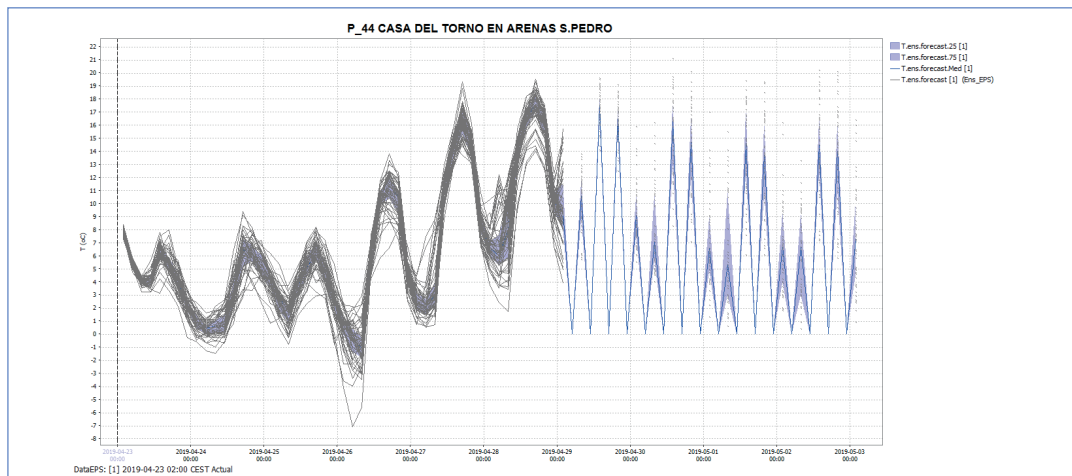
Durante el trienio 2017-2019, se han realizado cambios en la configuración de FEWS y se han ajustado parámetros en los modelos para el correcto aprovechamiento de las nuevas predicciones.

Para su integración en FEWS, se han analizado los metadatos del archivo de origen para obtener las variables necesarias para el SAD. Una vez obtenidas, se han introducido en el sistema FEWS para la visualización a nivel nacional y posteriormente se han obtenido las series temporales de predicción para cada punto SAIH de la cuenca del Tajo. Con estas series temporales es posible alimentar los modelos hidrológicos con predicciones de caudal de 48 horas, realizadas cada 6 horas.

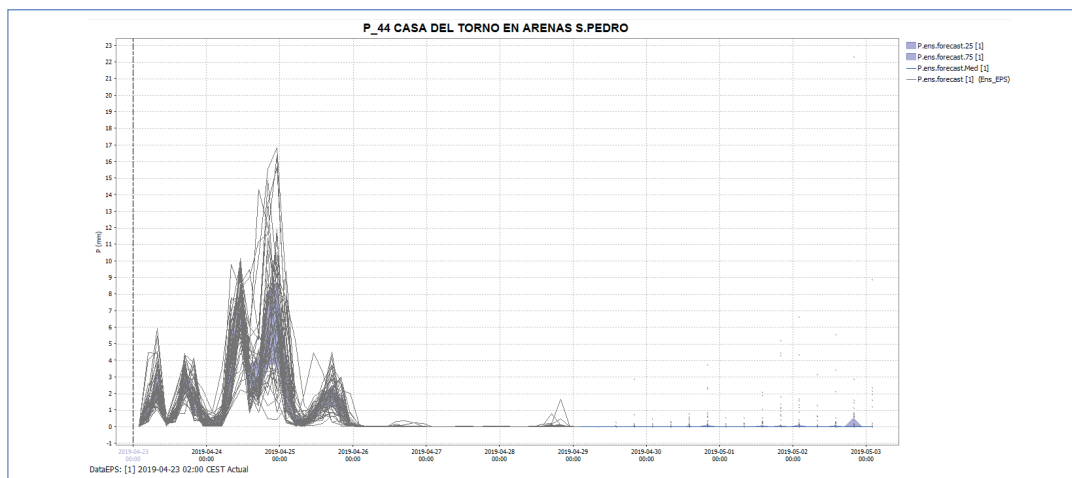


13. Predicciones Ensembles EPS

Los ensembles EPS (Ensemble Prediction System) proceden del ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) y se reciben gracias al intercambio de datos existente con AEMET. Están formados por 51 predicciones de aproximadamente 32 km de resolución y con pronóstico a 10 días (predicciones cada tres horas los seis primeros días, y cada seis horas los siguientes cuatro días). En el caso del SAIH Tajo, se procesan variables de predicción para distintos tipos de precipitación (total, convectiva y large scale), temperatura y cota de nieve.



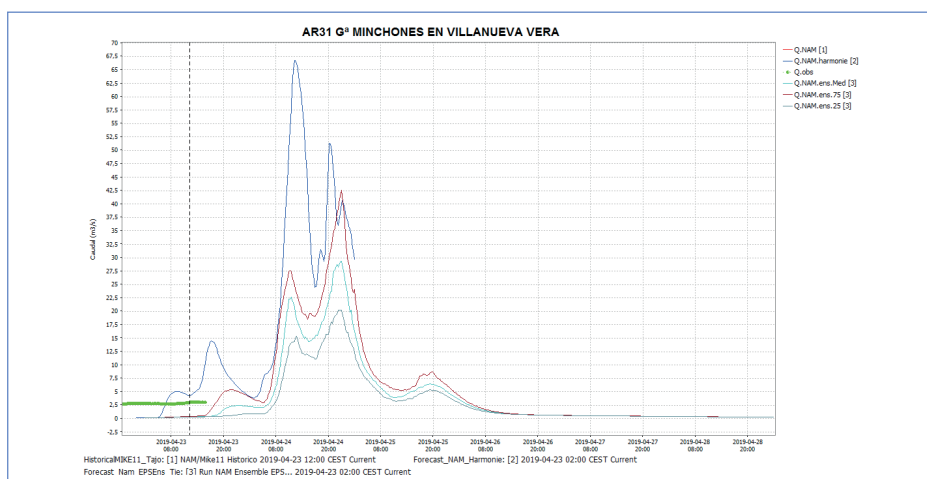
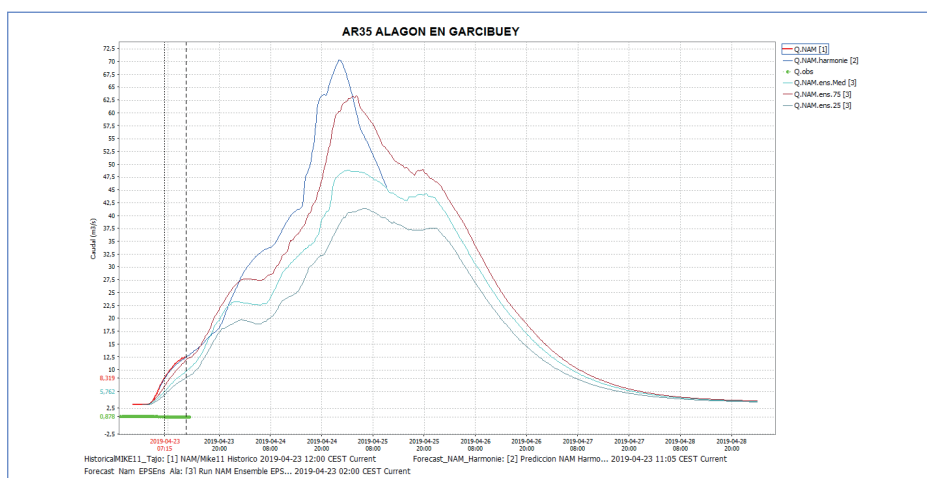
Detalle de predicción con ensembles EPS (temperatura)



Detalle de predicción con ensembles EPS (precipitación)

Durante el trienio 2017-2019, se han terminado de implantar en la plataforma FEWS, lo que ha provocado una importante mejora.

Además de su integración en FEWS, se ha implementado la predicción de caudales mediante los ensembles EPS en el modelo hidrológico NAM del Instituto Danés de Hidrología (DHI). Se ha introducido la predicción mediante EPS en todos los puntos de control del SAIH.



Diferentes predicciones de caudal mediante el modelo NAM y los ensembles EPS



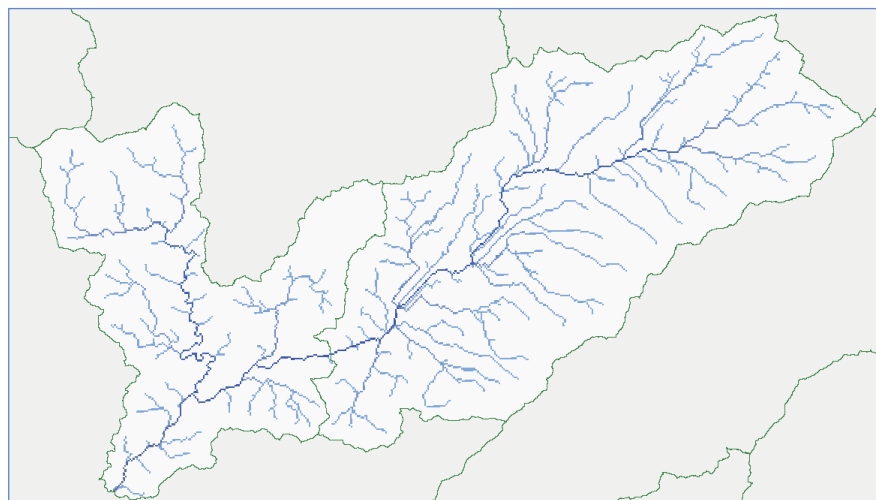
14. GILMODEL OPENDA

GilModel es un modelo distribuido lluvia-escorrentía desarrollado desde el SAD en exclusiva para el SAIH Tajo, adecuándose a las necesidades de la cuenca. Este modelo permite transformar las precipitaciones en caudales con precisión espacial al utilizar el relieve y las condiciones físicas del terreno de la cuenca del Tajo. Para ello se utiliza una base de datos espacial con mapas raster con una resolución de 100 metros. Dicho modelo, programado en Python y basado en Wflow-Model de Delft, utiliza el motor PCRaster para la gestión de los datos espaciales y cálculo de las variables hidrológicas.

Se ha trabajado en la optimización del código y en la mejora del cálculo de los flujos base. Los modelos se ejecutan a través de FEWS cada 6 horas con valores de precipitación históricos, para así mantener un estado inicial de humedad de la cuenca lo más cercano posible a la realidad, para que en el momento de la predicción los resultados sean más fiables. Dichas predicciones se simulan también cada 6 horas utilizando la precipitación del modelo Harmonie a 48 horas.

Sin embargo, el ajuste de ese estado inicial de la cuenca puede no ser preciso con la realidad. Por ello, se está implantando un módulo de asimilación de datos llamado OpenDA, el cual permite variar los parámetros del modelo hidrológico de forma aleatoria para obtener múltiples series temporales de resultados. Para mantenerse en unos resultados coherentes, dichos parámetros no variarán más allá de una desviación estándar de la serie observada, por lo que el modelo nunca dará resultados exagerados.

El método de ajuste se realiza a través de las técnicas del filtro de Kalman. Dada una señal observada (caudal en río) y un modelo numérico que intenta reproducirla (modelo Gil2D), se realiza periódicamente un reajuste entre el observado y el simulado para corregir el modelo numérico y que éste pueda en algún momento realizar predicciones de la señal observada con fiabilidad, todo ello acompañado de ruido en el sistema, incertidumbre en los parámetros, etc.



Red de drenaje de la subcuenca E_39 (Valdeobispo) simulada por GilModel

15. Mantenimiento y actualización FEWS

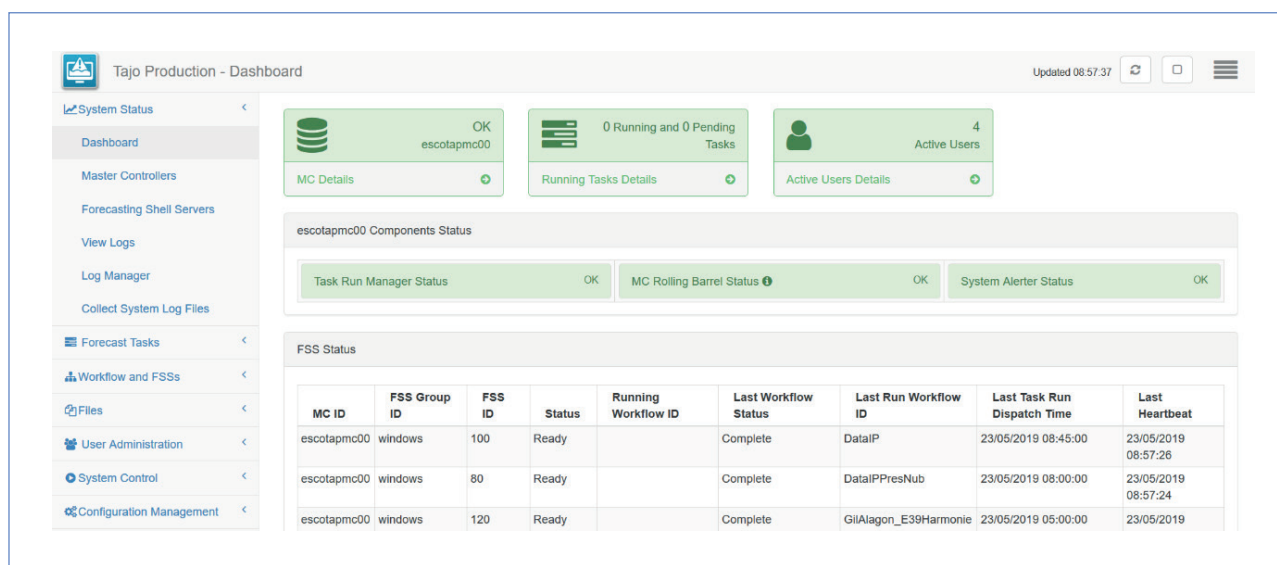
Para un correcto funcionamiento de las predicciones meteorológicas y modelos hidrológicos e hidrodinámicos, se hace imprescindible el mantenimiento y la instalación de nuevas actualizaciones del sistema FEWS.

Al ser un sistema activo a tiempo real, es necesario mantener un control del sistema, evitar posibles fallos y subsanar los que aparezcan. Por ello diariamente se realizan labores de mantenimiento y comprobación del Master Controller (núcleo central de FEWS), la base de datos PostgreSQL y los distintos usuarios/clientes.

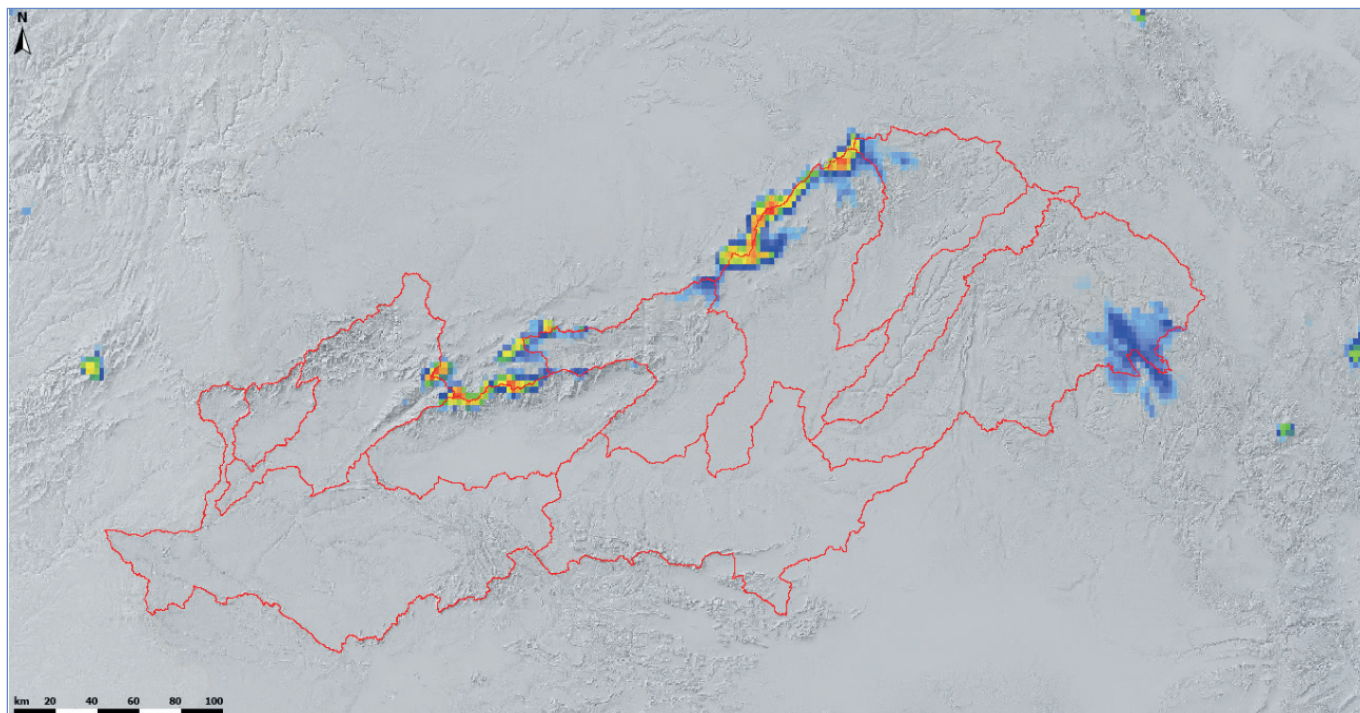
En este trienio 2017-2019, se han realizado varias actualizaciones a las versiones más recientes de FEWS por parte de Deltares, que implican mejoras en la estabilidad, seguridad

y en las utilidades del programa. Con la última versión de FEWS (2018-02, instalada el 25/04/2019) se ha optimizado la base de datos PostgreSQL y la lectura/escritura de registros en ella desde FEWS, aumentando así la velocidad de carga de datos y reduciendo drásticamente el tamaño de la base de datos.

Por otra parte, también hay mejoras visuales, como la posibilidad de integrar servidores de mapas WMS en el visualizador de FEWS. Gracias a esta nueva característica, se pueden combinar las visualizaciones de las variables meteorológicas o los modelos hidrológicos con distintos mapas (topográficos, de carreteras, de relieve, fotografías aéreas, imágenes por satélite, etc...), facilitando el análisis de las predicciones.



Panel de Control del Sistema FEWS Vía Web



Visualización de cobertura nival Harmonie junta con capa de relieve del visor WMS del IGN

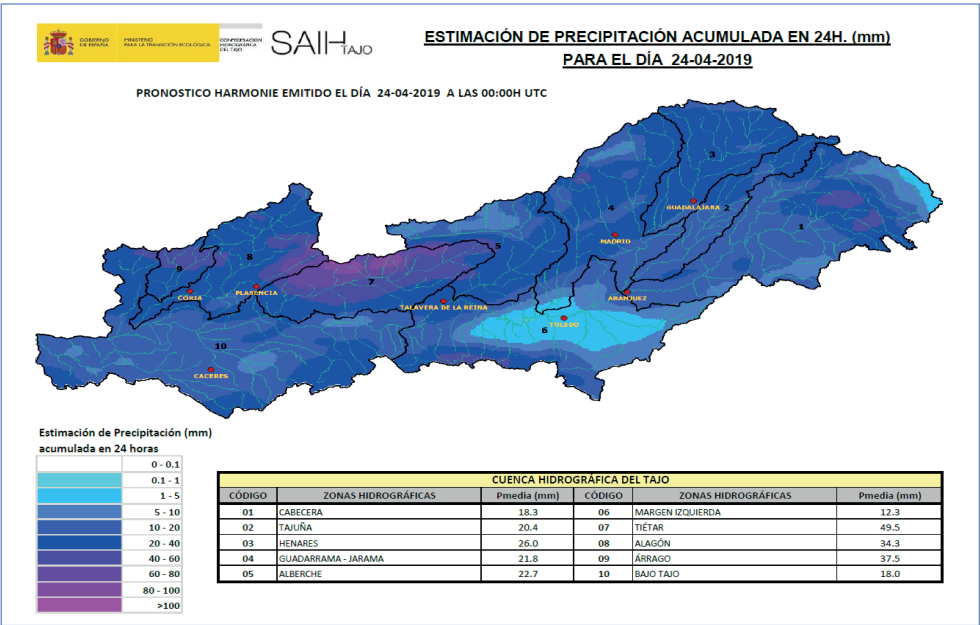
16. Informes diarios

Con el objetivo de mostrar las predicciones y el estado de la cuenca del Tajo a usuarios que no disponen de un cliente FEWS, desde el SAD se desarrollan una serie de informes diarios en formato PDF que pueden ser visualizados a través de la Intranet del SAIH Tajo.

Se genera un informe con las predicciones de los ensembles EPS para conocer las precipitaciones y temperaturas que afectarán a todos los embalses de la Cuenca del Tajo. En este informe, se analizan estadísticamente los valores de los ensembles y se muestran las probabilidades de que cierto intervalo de intensidad de precipitación ocurra. De este modo, se pueden visualizar de manera rápida las probabilidades de lluvia en cada uno de los embalses, facilitando la labor de gestión y explotación, de dichos embalses.

También se realiza un informe en el que se muestran las precipitaciones acumuladas diarias para toda la cuenca, así como la precipitación en cada sistema de explotación. Estos informes se realizan con la predicción generada con el modelo Harmonie.

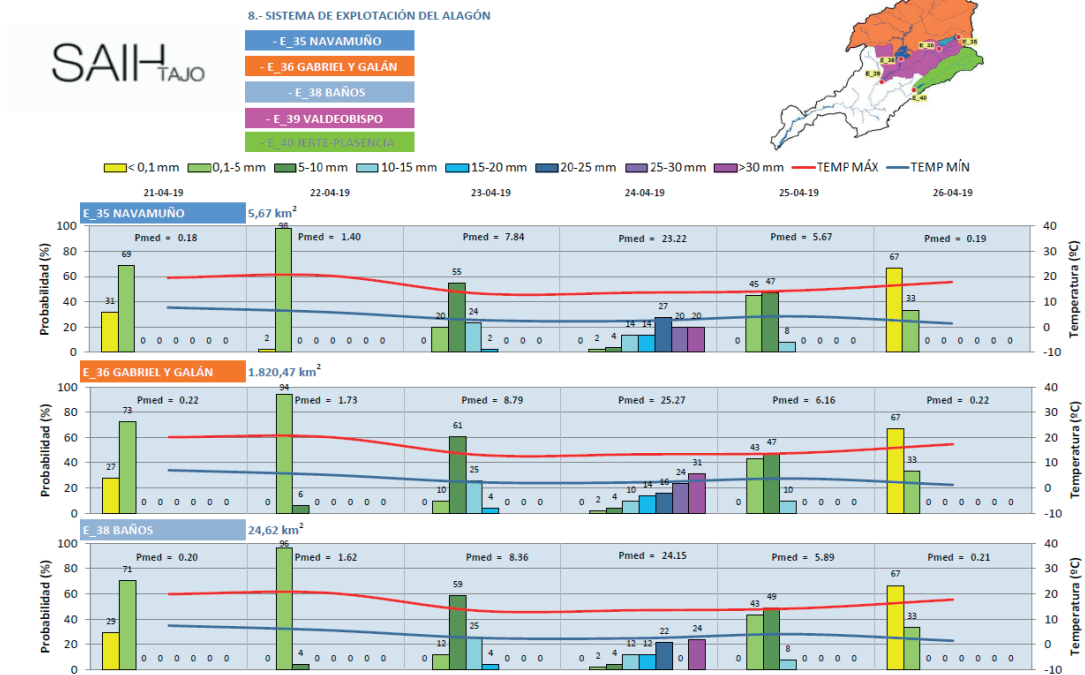
Por último, para tener acceso a la información de FEWS vía Web/Intranet, se ha desarrollado un informe en código HTML con las variables mostradas en FEWS, tanto valores históricos como valores futuros. En esta web se puede visualizar tanto mapas animados y gráficas como tablas de valores de las predicciones meteorológicas. Además, también se muestran las predicciones de caudal realizadas por los modelos integrados en el SAD.



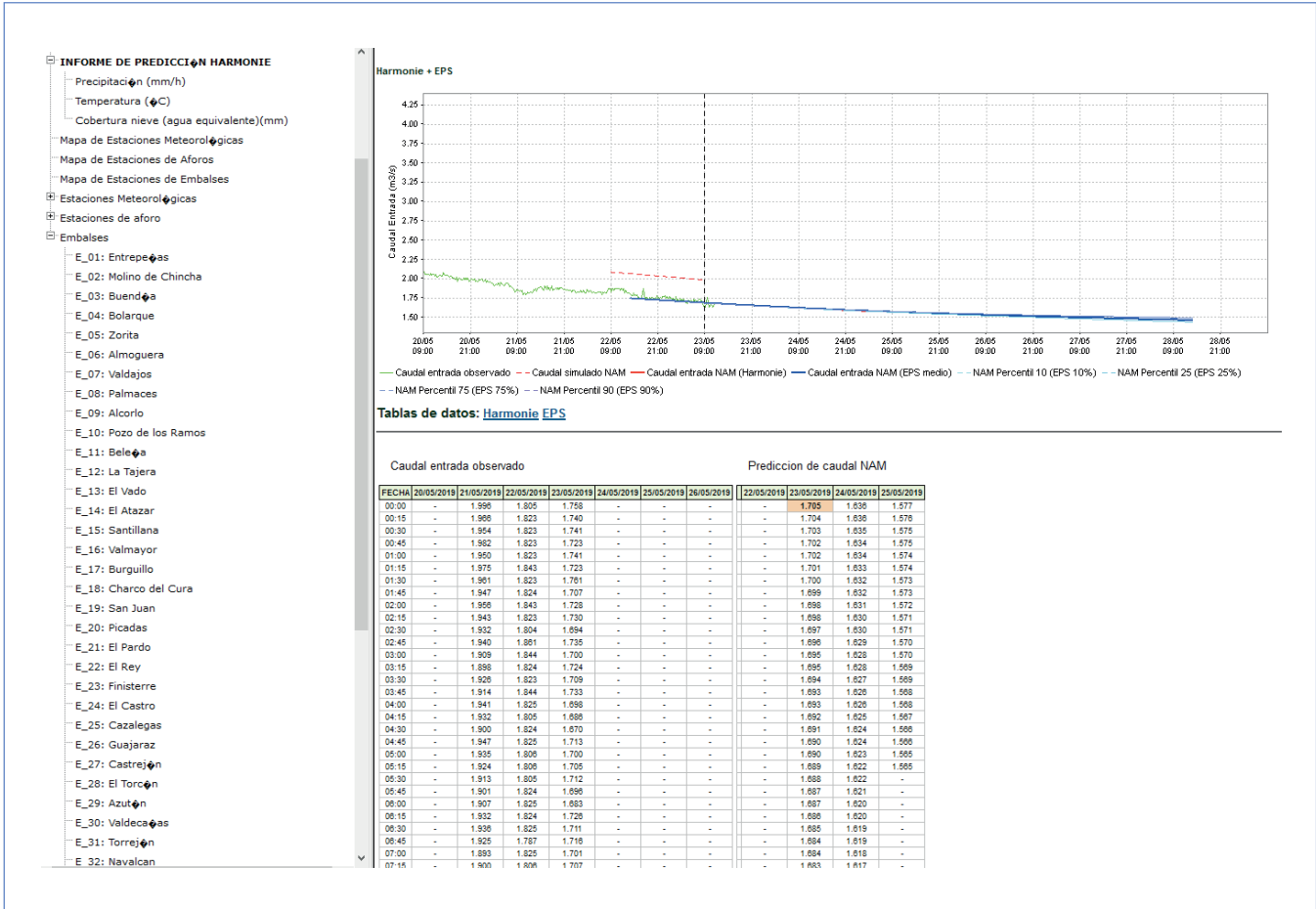
Informe de Precipitación Acumulada Harmonie



PREDICCIÓN DE PRECIPITACIÓN EN EMBALSES DEL 21-4-2019 AL 26-4-2019



Informe de Embalses con predicciones EPS



Visualización de datos FEWS vía Web



17. Mejora de los modelos matemáticos de predicción

Se han realizado actualizaciones e implementaciones en diferentes subcuencas (Alberche, Tiétar, Alagón, etc.) de la cuenca del río Tajo, para mejorar la predicción de los modelos hidrológicos e hidráulicos que están integrados en la herramienta FEWS. A continuación, se detallan las diferentes mejoras que se han realizado durante el trienio 2017-2019.

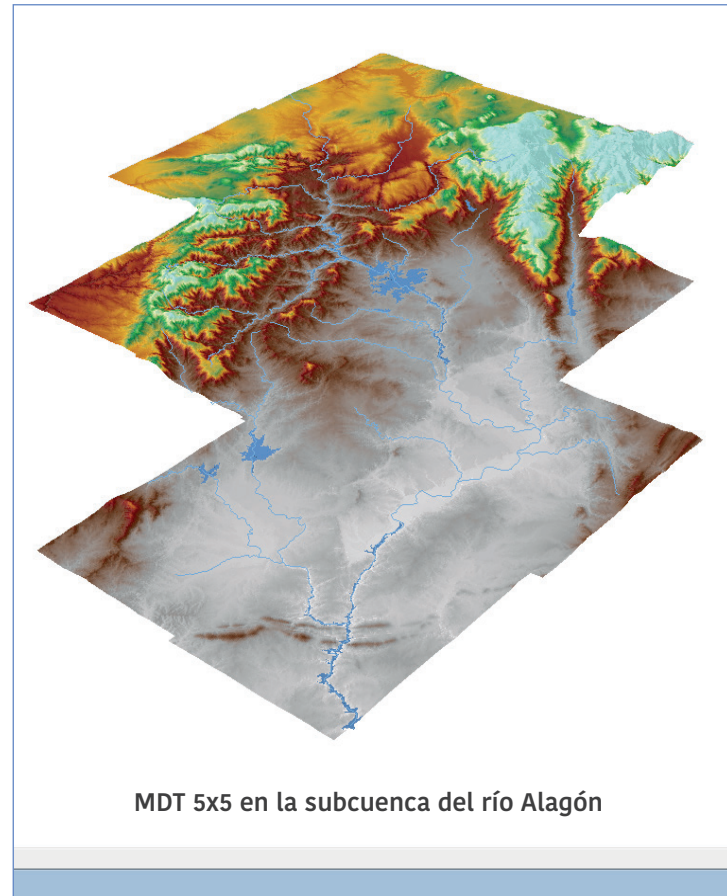
Para ajustar bien los valores de las diferentes variables, se han realizado calibraciones para diferentes eventos de precipitación-escorrentía en cada una de las subcuencas, para finalmente validar estos valores con un evento más reciente, obteniendo resultados muy satisfactorios en las nuevas simulaciones.

17.1. Información Topográfica

Se ha obtenido el MDT (Modelo Digital del Terreno) de 5 x 5 metros, es decir, con información topográfica cada 5 metros de cada subcuenca. Este MDT 5x5 procedente del IGN (Instituto Geográfico Nacional) tiene un paso de malla de 5 metros, con el sistema geodésico de referencia ETRS89 y proyección UTM correspondiente a cada hoja. Dicho MDT se utiliza como información cartográfica para realizar los modelos hidrológicos e hidráulicos, lo que supone un gran avance en la precisión de los modelos matemáticos, ya que anteriormente se contaba con MDTs de 25 x 25 ó de 100 x 100 metros.

17.2. NAM: Modelos Hidrológicos

El software NAM de DHI es un modelo lluvia-escorrentía con modelos agregados, que transforma las predicciones de lluvia en caudales a través de un sistema de depósitos. El modelo NAM se ha implementado aumentando el número de puntos de control y mejorando diferentes variables que se utilizan para los cálculos, a través de herramientas SIG. Así se han calculado parámetros como longitud, superficie, tiempos de concentración, etc, que han permitido mejorar los coeficientes del modelo NAM.



MDT 5x5 en la subcuenca del río Alagón

Tietar.rr11

Catchments

NAM

UHM

SMAP

Urban

FEH

DRIR

Timeseries

Surface-Rootzone

Ground Water

Snow Melt

Imigation

Initial Conditions

Autocalibration

AR28

Storages

Maximum water content in surface storage

Umax

20

Maximum water content in root zone storage

Lmax

137

Runoff Parameters

Overland flow runoff coefficient

CQOF

0.498

Time constant for routing interflow

CKIF

266

Time constant for routing overland flow

☐ CK2

CK1,2

7.43

Root zone threshold value for overland flow

TOF

0.898

Root zone threshold value for interflow

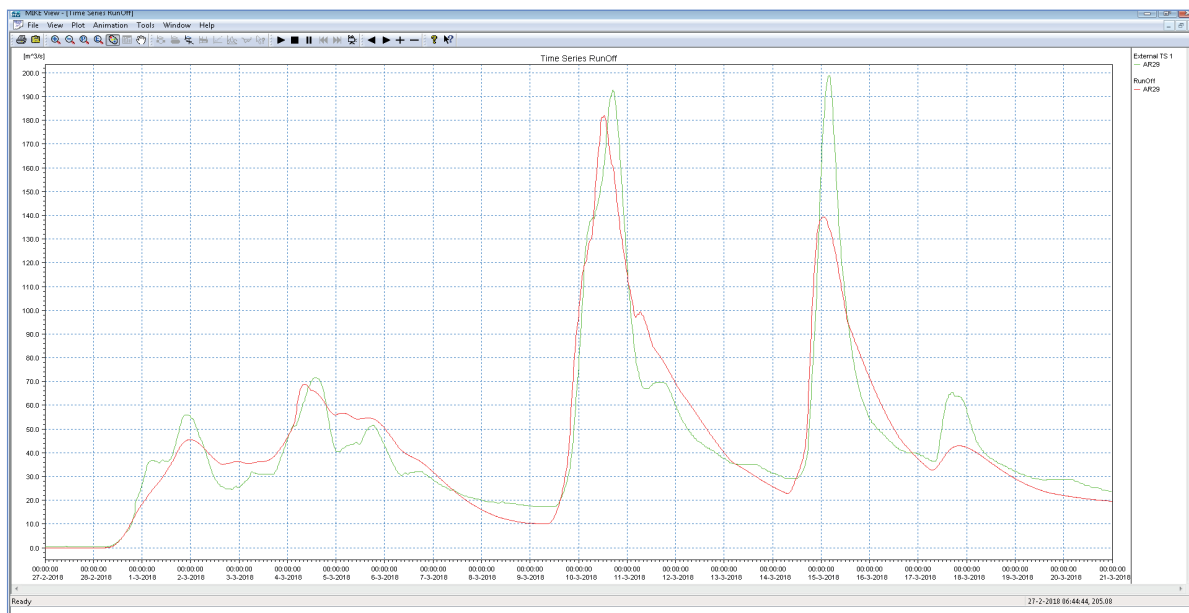
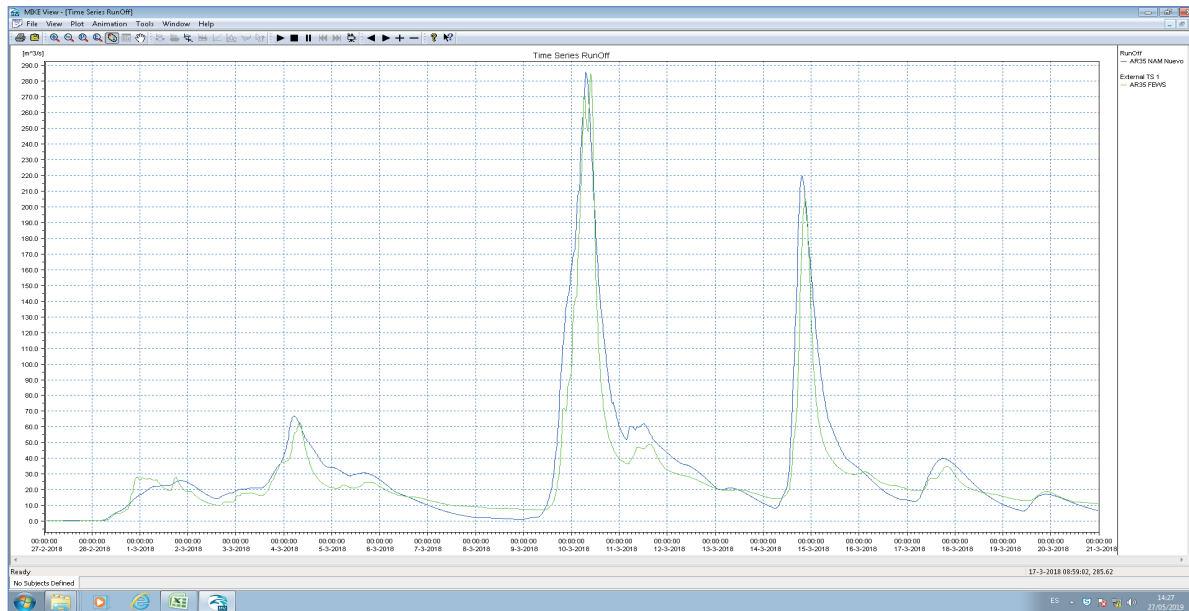
TIF

0.000764

Overview

	Name	Umax	Lmax	CQOF	CKIF	CK1,2	TOF	TIF
1	AR28	20	137	0.498	266	7.43	0.898	0.000764
2	AR29	20	117	1	234.1	14.2	0.798	0.000251
3	AR30	10	100	0.396	200.2	3.33	0.000193	0.00121
4	AR31	20	100	1	200	3.4	0.000263	0.000847
5	AR32	20	100	1	200	2.89	0.000249	0.000243
6	AR33	20	100	0.628	200	5.65	0.339	0.000438
7	AR34	20	300	0.355	369.1	4.8	2.4e-005	0.00113
8	E_32	20	300	0.292	997.8	11.9	0.97	0.99
9	E_33	20	100	1	200.1	12.2	0.00023	0.000447
10	MC05	20	50	1	200	11.8	0.057	0.000175
11	MC06	10	100	0.209	999.6	11.4	0.99	0.00468

Variables para el cálculo mediante el modelo NAM

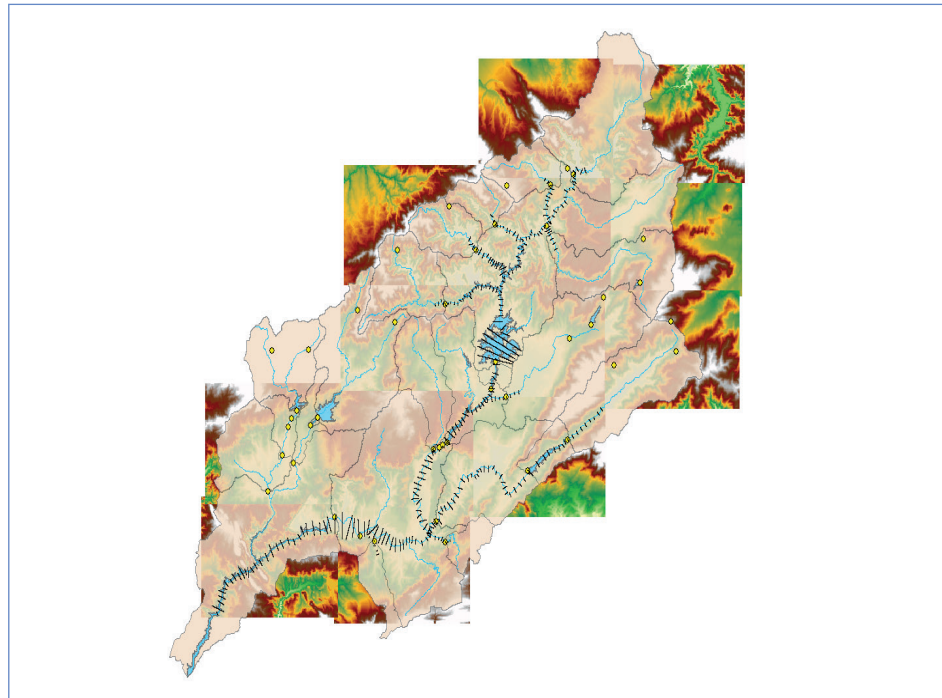


Diferentes resultados de las nuevas calibraciones con el modelo NAM

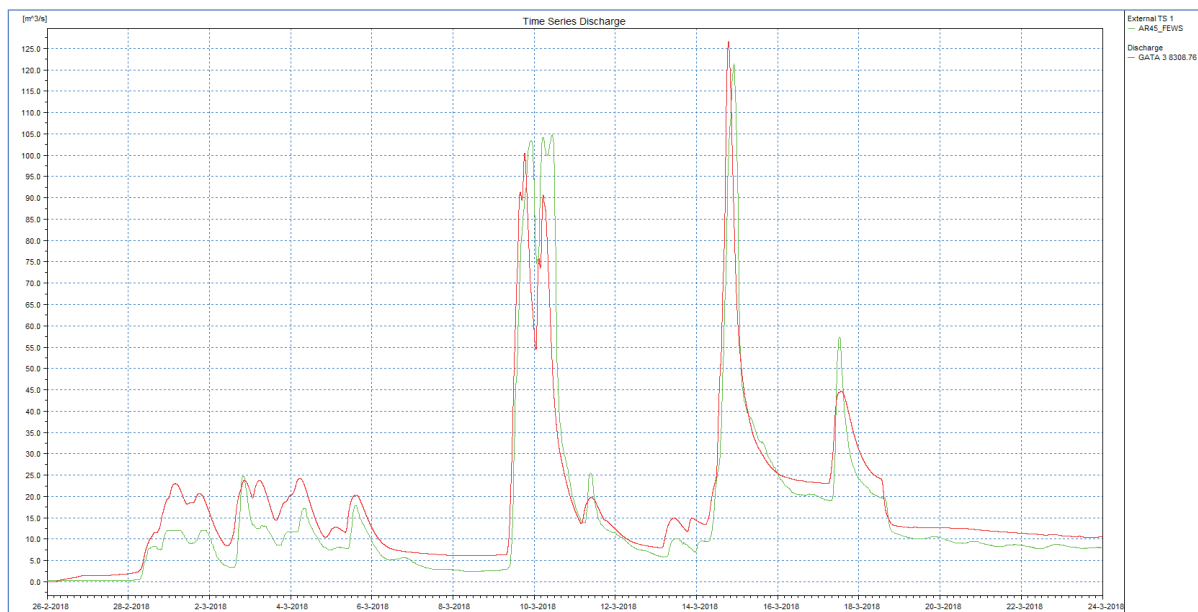
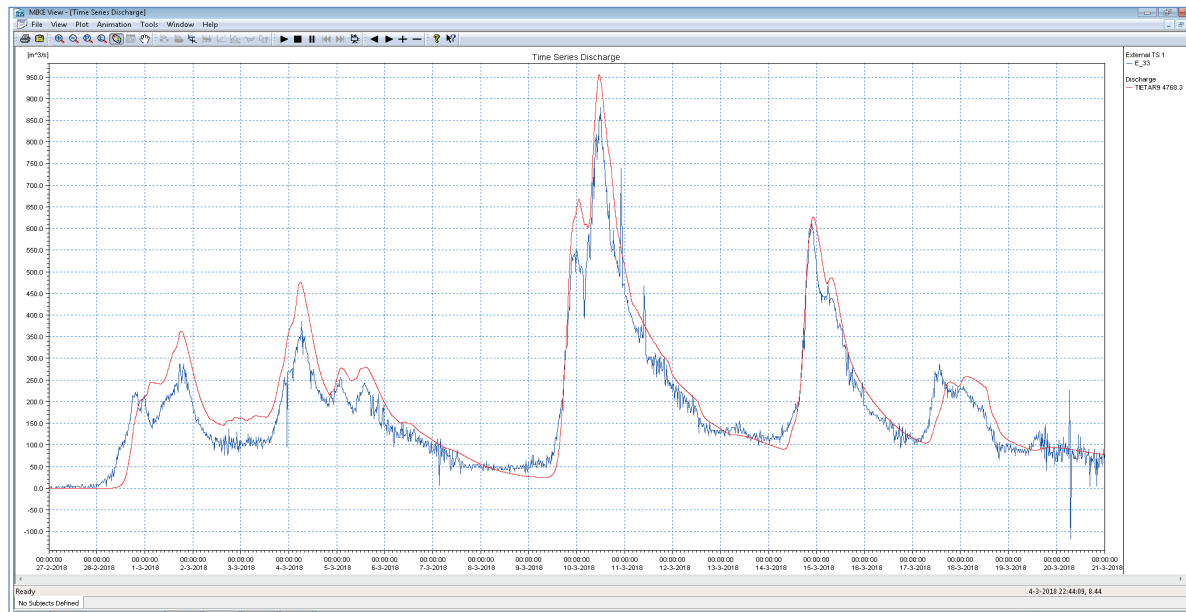
17.3. MIKE 11: Modelos Hidráulicos

Con el software MIKE11 de DHI se realiza una modelización hidrodinámica unidimensional de los principales cauces de la cuenca y de otros tramos de interés. Se ha mejorado este modelo mediante la inclusión de un mayor número de secciones (aproximadamente una sección cada kilómetro de cauce), más tramos y la aportación de más embalses.

Al igual que en los modelos hidrológicos, también se han calibrado y validado los diferentes modelos de cada subcuenca, modificando ligeramente en cada caso algunas variables, principalmente el coeficiente de rugosidad. De esta manera, se han mejorado sensiblemente las simulaciones, obteniendo resultados muy satisfactorios en las predicciones.



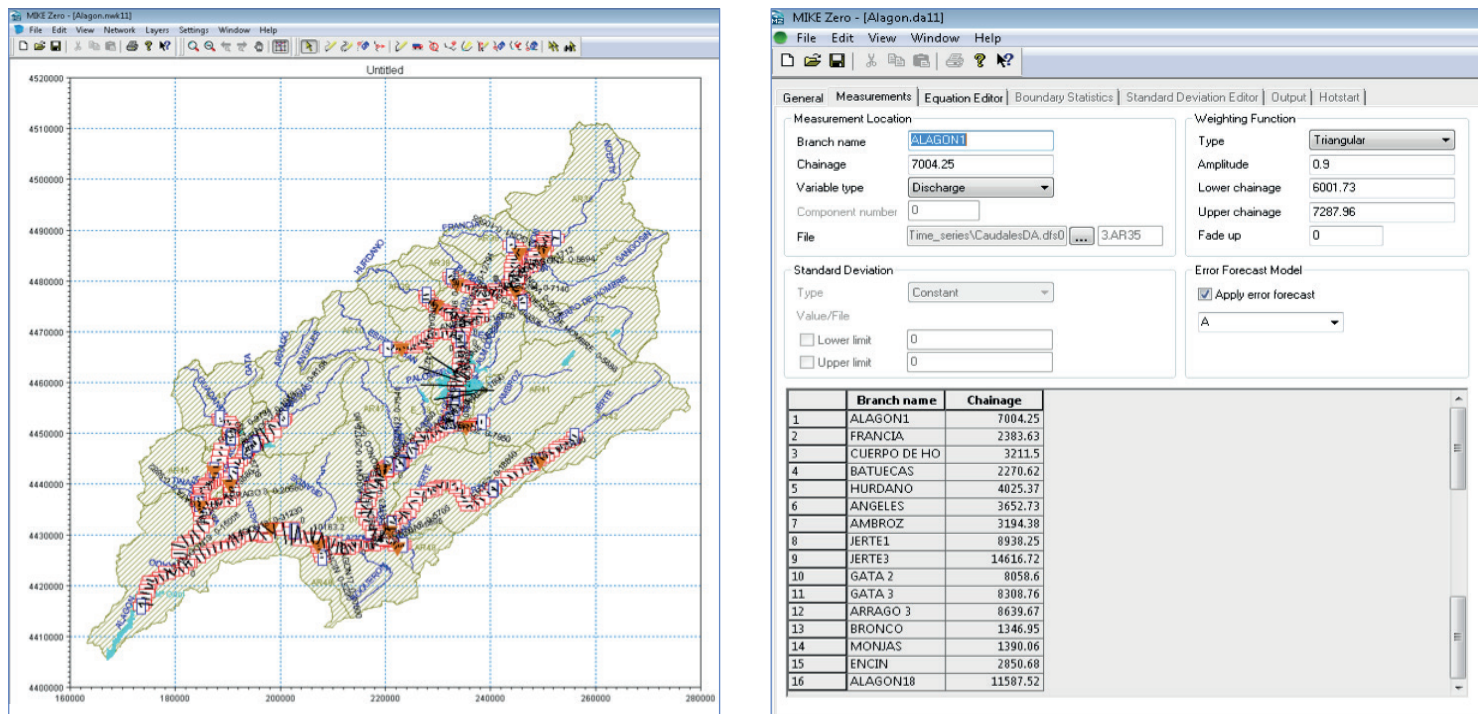
Esquema hidráulico con las diferentes secciones introducidas en una de las subcuencas



Diferentes resultados de las nuevas calibraciones con el modelo MIKE 11

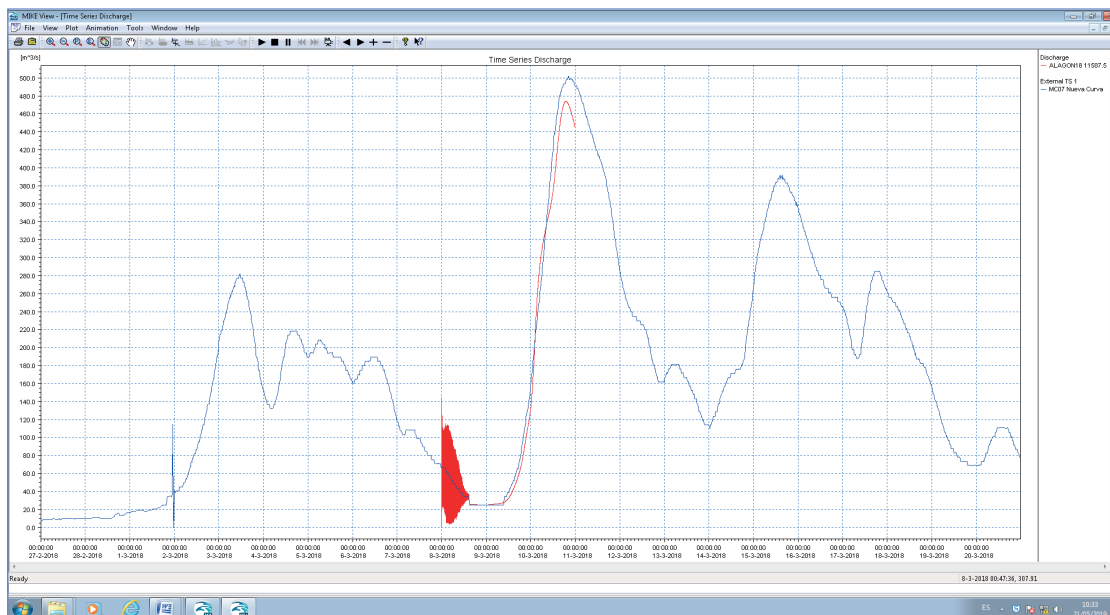
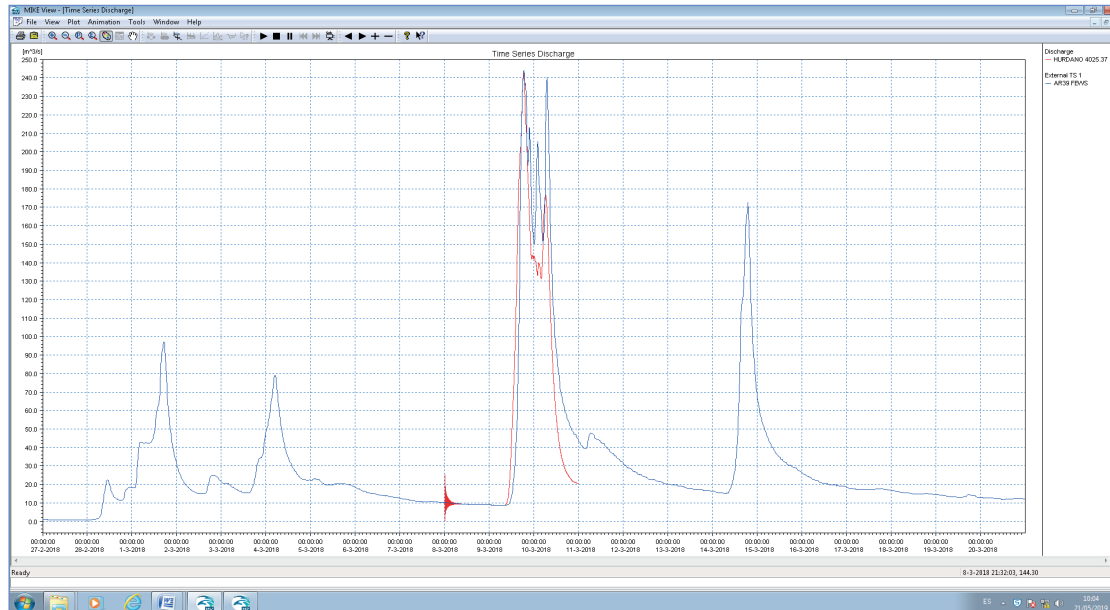
17.4. MIKE 11-DA: Data Assimilation

Durante este último trienio, se ha introducido un nuevo módulo en los cálculos con MIKE11, denominado Data Assimilation (DA) y desarrollado por el DHI. Este nuevo módulo permite igualar los datos del pasado a los datos observados, por lo que a la hora de realizar predicciones, éstas mejoran sensiblemente ya que el punto de partida de la predicción siempre es un dato observado real, lo que implica una mayor precisión y fiabilidad.



Esquema de la subcuenca del río Alagón con los puntos de DA y la tabla de valores

Esta nueva herramienta se ha implementado en MIKE11 y FEWS para realizar las predicciones con HARMONIE, obteniendo resultados muy buenos, y se está terminando de generar una nueva herramienta para realizar también predicciones con los ensembles EPS.



Diferentes resultados de predicciones con la aplicación de la nueva herramienta DA



Vista de la compuerta del Embalse del Rey (E_22)

Vista del Nivómetro de Tragacete (NV01)



MANTENIMIENTO

1. Antecedentes

Durante el trienio 2017-2019, se ha continuado con la realización de las habituales actividades de mantenimiento, además de algunas mejoras, como se podrá ver en posteriores epígrafes.

Las labores habituales de mantenimiento se pueden dividir en los siguientes grupos principales:

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo
- Mejoras

- Control, gestión y seguimiento de las actividades realizadas

Otras actividades ejecutadas por el personal de mantenimiento durante este trienio 2017-2019 son:

- Instalación de equipos y sensores, basados en nuevas tecnologías
- Mantenimientos especiales de equipos instalados

Todas estas actividades se han realizado en conjunto, sin detrimento de las funcionalidades del sistema (tiempos de respuesta/prestaciones).

2. Actividades de mantenimiento

En este período se han desarrollado actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, en los siguientes ámbitos:

- Electrónica/electricidad
- Comunicaciones
- Instrumentación
- Vídeo, voz y datos
- Energía
- Obra civil
- Jardinería

Todos estos trabajos han sido realizados por personal altamente cualificado con más de 20 años de experiencia en obra.

Además, con el objetivo de seguir mejorando la formación de dicho personal se han impartido cursos en las siguientes áreas: Comunicaciones, Sistemas de vídeo, Instrumentación, Electricidad, Seguridad y Salud, Trabajos Verticales y Fitosanitarios.



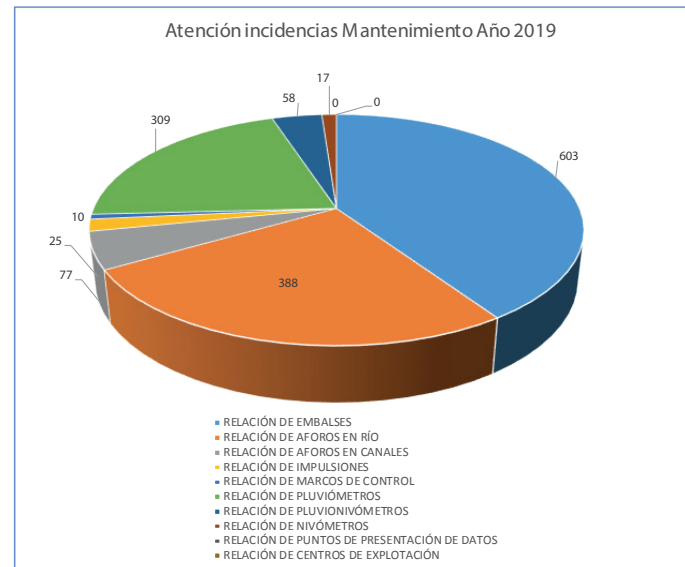
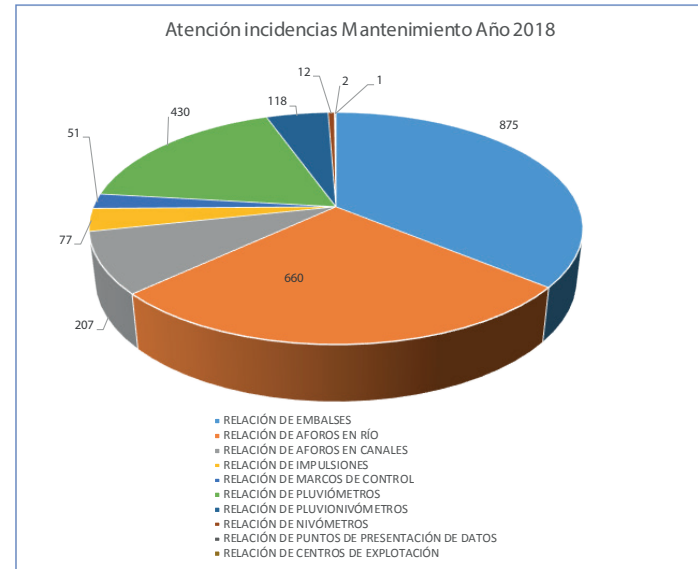
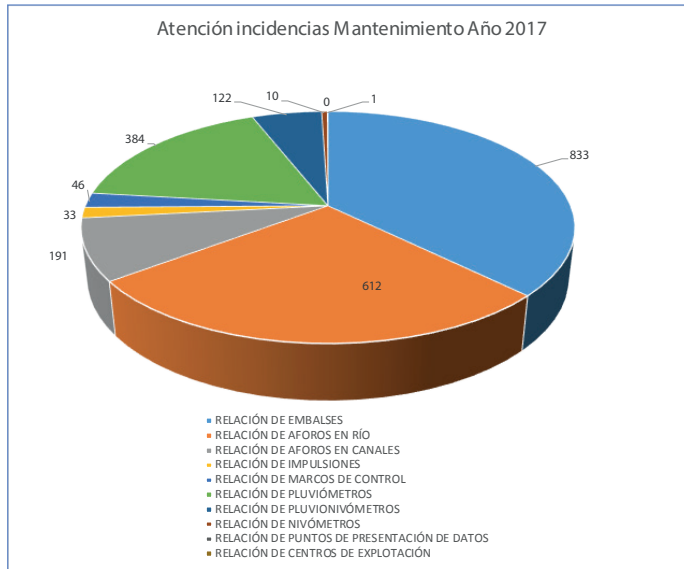
3. Resumen actuaciones realizadas en mantenimiento

Como resumen de las actuaciones realizadas, se muestran las tablas que identifican, cuantifican y analizan todos los incidentes reportados por el personal de campo durante el período de mantenimiento 2017-2019 y su comparación con los diversos años y entre los puntos del mismo tipo, en los distintos sistemas de los puntos de control de la red SAIH Tajo.

A continuación, se muestran las cantidades de incidencias atendidas en los años 2017, 2018 y 2019 (realizada una extrapolación de los meses de vigencia del contrato a datos de nueve meses, ya que el contrato finaliza en el mes de septiembre):

Tipo	CANTIDAD			PORCENTAJE		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
RELACIÓN DE EMBALSES	833	875	603	37,32%	35,96%	40,55%
RELACIÓN DE AFOROS EN RÍO	612	660	388	27,42%	27,13%	26,09%
RELACIÓN DE AFOROS EN CANALES	191	207	77	8,56%	8,51%	5,18%
RELACIÓN DE IMPULSIONES	33	77	25	1,48%	3,16%	1,68%
RELACIÓN DE MARCOS DE CONTROL	46	51	10	2,06%	2,10%	0,67%
RELACIÓN DE PLUVIÓMETROS	384	430	309	17,20%	17,67%	20,78%
RELACIÓN DE PLUVIONIVÓMETROS	122	118	58	5,47%	4,85%	3,90%
RELACIÓN DE NIVÓMETROS	10	12	17	0,45%	0,49%	1,14%
RELACIÓN DE PUNTOS DE PRESENTACIÓN DE DATOS	0	2	0	0,00%	0,08%	0,00%
RELACIÓN DE CENTROS DE EXPLOTACIÓN	1	1	0	0,04%	0,04%	0,00%
	2232	2433	1487	100,00%	100,00%	100,00%

A continuación, se muestran los gráficos de los diferentes años con las atenciones llevadas a cabo:





Seguidamente, se muestran las intervenciones dentro de cada punto, donde se puede observar que hay puntos que no han sufrido ningún tipo de incidencia. Estos puntos únicamente han sido visitados como tarea de mantenimiento preventivo, dentro de las diversas campañas (estas actuaciones no están recogidas dentro de estas tablas).

Los siguientes puntos se agrupan en base a las siguientes categorías:

- Relación de embalses
- Relación de aforos en río
- Relación de aforos en canales
- Relación de impulsiones
- Relación de marcos de control
- Relación de pluviómetros
- Relación de pluvionivómetros
- Relación de nivómetros
- Relación de puntos de presentación de datos
- Relación de centros de explotación

3.1. Actuaciones realizadas en embalses

Tipo	Código	Nombre	CANTIDAD			PORCENTAJE		
			2017	2018	2019	2017	2018	2019
RELACIÓN DE EMBALSES	E_01	Entrepeñas	10	13	21	1,20%	1,49%	3,48%
	E_02	Molino de Chinchá	7	24	4	0,84%	2,74%	0,66%
	E_03	Buendía	13	17	2	1,56%	1,94%	0,33%
	E_04	Bolarque	36	31	21	4,32%	3,54%	3,48%
	E_05	Zorita	2	3	3	0,24%	0,34%	0,50%
	E_06	Almoguera	16	5	3	1,92%	0,57%	0,50%
	E_07	Valdajos	16	9	7	1,92%	1,03%	1,16%
	E_08	Pálmaces	32	26	6	3,84%	2,97%	1,00%
	E_09	Alcorlo	8	8	21	0,96%	0,91%	3,48%
	E_10	Pozo de los Ramos	10	18	35	1,20%	2,06%	5,80%
	E_11	Beleña	12	30	9	1,44%	3,43%	1,49%
	E_12	La Tajera	9	18	18	1,08%	2,06%	2,99%
	E_13	El Vado	17	24	9	2,04%	2,74%	1,49%
	E_14	El Atazar	18	13	3	2,16%	1,49%	0,50%
	E_15	Manzanares el Real	14	6	5	1,68%	0,69%	0,83%
	E_16	Valmayor	10	13	15	1,20%	1,49%	2,49%
	E_17	Burguillo	9	11	12	1,08%	1,26%	1,99%
	E_18	Charco del Cura	13	7	6	1,56%	0,80%	1,00%

Tipo	Código	Nombre	CANTIDAD			PORCENTAJE		
			2017	2018	2019	2017	2018	2019
RELACIÓN DE EMBALSES	E_19	San Juan	29	16	11	3,48%	1,83%	1,82%
	E_20	Picadas	12	11	4	1,44%	1,26%	0,66%
	E_21	El Pardo	13	14	7	1,56%	1,60%	1,16%
	E_22	Del Rey	27	19	9	3,24%	2,17%	1,49%
	E_23	Finisterre	8	12	17	0,96%	1,37%	2,82%
	E_24	El Castro	21	17	23	2,52%	1,94%	3,81%
	E_25	Cazalegas	64	42	12	7,68%	4,80%	1,99%
	E_26	Guajaraz	22	33	11	2,64%	3,77%	1,82%
	E_27	Castrejón	19	32	13	2,28%	3,66%	2,16%
	E_28	El Torcón	7	12	14	0,84%	1,37%	2,32%
	E_29	Azután	10	15	6	1,20%	1,71%	1,00%
	E_30	Valdecañas	8	10	13	0,96%	1,14%	2,16%
	E_31	Torrejón Tajo y Torrejón Tietar	13	30	7	1,56%	3,43%	1,16%
	E_32	Navalcán	15	12	17	1,80%	1,37%	2,82%
	E_33	Rosarito	21	20	13	2,52%	2,29%	2,16%
	E_34	Portaje	13	11	4	1,56%	1,26%	0,66%
	E_35	Navamuño	14	19	25	1,68%	2,17%	4,15%
	E_36	Gabriel y Galán	31	22	9	3,72%	2,51%	1,49%
	E_37	Guijo de Granadilla	11	10	7	1,32%	1,14%	1,16%
	E_38	Baños	11	9	16	1,32%	1,03%	2,65%
	E_39	Valdeobispo	31	52	32	3,72%	5,94%	5,31%
	E_40	Jerte-Plasencia	21	12	8	2,52%	1,37%	1,33%
	E_41	Borbollón	13	11	8	1,56%	1,26%	1,33%
	E_42	Árrago	21	28	11	2,52%	3,20%	1,82%
	E_43	Rivera de Gata	26	28	5	3,12%	3,20%	0,83%
	E_44	Guadiloba	8	15	8	0,96%	1,71%	1,33%
	E_45	Alcántara	12	21	16	1,44%	2,40%	2,65%
	E_46	Salor	7	9	6	0,84%	1,03%	1,00%
	E_47	Cedillo	45	32	35	5,40%	3,66%	5,80%
	E_50	Las Veguillas	19	17	16	2,28%	1,94%	2,65%
	E_51	Los Morales	3	3	5	0,36%	0,34%	0,83%
	E_53	Pajarero	6	5	15	0,72%	0,57%	2,49%



3.2. Actuaciones realizadas en aforos en río

Tipo	Código	Nombre	CANTIDAD			PORCENTAJE		
			2017	2018	2019	2017	2018	2019
RELACIÓN DE AFOROS EN RÍO	AR01	Gallo en Peñamediodia	9	6	0	1,08%	0,69%	0,00%
	AR02	Tajo en la Rocha	23	9	0	2,76%	1,03%	0,00%
	AR03	Tajo en Trillo (unido con I_01)	6	7	0	0,72%	0,80%	0,00%
	AR04	Guadiela en la Ruidera	7	4	2	0,84%	0,46%	0,33%
	AR06	Guadamejud en La Peraleja	4	2	0	0,48%	0,23%	0,00%
	AR07	Mayor en Huete	6	5	0	0,72%	0,57%	0,00%
	AR08	Tajo en Almoguera	51	33	20	6,12%	3,77%	3,32%
	AR09	Tajo en el Azud de Tillit	29	18	9	3,48%	2,06%	1,49%
	AR10	Tajo en Higares	6	4	5	0,72%	0,46%	0,83%
	AR11	Henares en Bujalaro	6	3	0	0,72%	0,34%	0,00%
	AR12	Azud de Humares	24	33	8	2,88%	3,77%	1,33%
	AR13	Henares en Espinillos	9	8	0	1,08%	0,91%	0,00%
	AR14	Tajuña en Perales	5	3	0	0,60%	0,34%	0,00%
	AR15	Tajuña en Armuña	7	4	0	0,84%	0,46%	0,00%
	AR16	Jarama en Valdepeñas de la Sierra	5	6	0	0,60%	0,69%	0,00%
	AR17	Jarama en Mejorada del Campo	6	8	17	0,72%	0,91%	2,82%
	AR18	Manzanares en Rivas-Vaciamadrid	5	17	0	0,60%	1,94%	0,00%
	AR19	Guadarrama en El Picotejo	8	8	0	0,96%	0,91%	0,00%
	AR20	Guadarrama en Barruelos	6	11	0	0,72%	1,26%	0,00%
	AR21	Alberche en Navaluenga	9	13	4	1,08%	1,49%	0,66%
	AR22	Cofío en San Martín	14	15	6	1,68%	1,71%	1,00%
	AR23	Perales en Villamantilla	22	31	24	2,64%	3,54%	3,98%
	AR24	Tajo en Cebolla	6	14	2	0,72%	1,60%	0,33%
	AR25	Pusa en la Médica	3	18	2	0,36%	2,06%	0,33%
	AR26	Gévalo en Alcaudete de la Jara	8	18	32	0,96%	2,06%	5,31%
	AR27	Uso en Aldeanueva de Barbarroya	9	8	5	1,08%	0,91%	0,83%
	AR28	Tietar en La Iglesuela	17	19	17	2,04%	2,17%	2,82%
	AR29	Tietar en Arenas San Pedro	32	32	53	3,84%	3,66%	8,79%
	AR30	Gª Alardos en Madrigal de la Vera	5	9	12	0,60%	1,03%	1,99%
	AR31	Gª Minchones en Villanueva de la Vera	8	7	4	0,96%	0,80%	0,66%

Tipo	Código	Nombre	CANTIDAD			PORCENTAJE		
			2017	2018	2019	2017	2018	2019
RELACIÓN DE AFOROS EN RÍO	AR32	Gª Cuartos en Losar Vera	6	9	5	0,72%	1,03%	0,83%
	AR33	Gª Jaranda en Jaraiz Vera	12	14	3	1,44%	1,60%	0,50%
	AR34	Arenal en Arenas San Pedro	21	21	13	2,52%	2,40%	2,16%
	AR35	Alagón en Garcibuey	8	3	0	0,96%	0,34%	0,00%
	AR36	Francia en Miranda del Castañar	5	12	0	0,60%	1,37%	0,00%
	AR37	Cuerpo de Hombre Los Cotos	4	10	0	0,48%	1,14%	0,00%
	AR38	Batuecas en el Ladrillar	6	14	12	0,72%	1,60%	1,99%
	AR39	Hurdano en Nuñomoral	5	12	6	0,60%	1,37%	1,00%
	AR40	Los Ángeles en el Casar del Palomero	7	8	0	0,84%	0,91%	0,00%
	AR41	Ambroz en El Villar	7	6	0	0,84%	0,69%	0,00%
	AR42	Jerte en el Torno	5	13	2	0,60%	1,49%	0,33%
	AR43	Jerte en Galisteo	14	12	3	1,68%	1,37%	0,50%
	AR44	Rivera de Gata en Moraleja	3	8	4	0,36%	0,91%	0,66%
	AR45	Rivera de Gata en la Moraleja	14	10	12	1,68%	1,14%	1,99%
	AR46	Árrago en Huélagá	10	7	0	1,20%	0,80%	0,00%
	AR47	Bronco en Montehermoso	8	11	4	0,96%	1,26%	0,66%
	AR48	Ayo. de las Monjas en El Batán	19	16	11	2,28%	1,83%	1,82%
	AR49	Azud del Encín	18	19	36	2,16%	2,17%	5,97%
	AR50	Almonte en Molino Buitrera	4	10	0	0,48%	1,14%	0,00%
	AR51	Tamuja en Sta. Marta Magasca	4	4	7	0,48%	0,46%	1,16%
	AR52	Salor en Membrío	22	23	9	2,64%	2,63%	1,49%
	AR56	Azud de Embocador	9	2	0	1,08%	0,23%	0,00%
	AR65	Alberche en Cazalegas	2	1	0	0,24%	0,11%	0,00%
	AR66	Tajo en Toledo (Diamantista)	23	4	0	2,76%	0,46%	0,00%
	AR67	Tajo en Montearagón	14	18	6	1,68%	2,06%	1,00%
	AR68	Tajo en el Tejar	2	7	0	0,24%	0,80%	0,00%
	AR69	Tajo en Palomarejo	1	6	15	0,12%	0,69%	2,49%
	AR70	Tajo en Talavera (La Milagrosa)	3	3	15	0,36%	0,34%	2,49%
	AR71	Tajo en Talavera (Las Vistillas)	1	4	3	0,12%	0,46%	0,50%



3.3. Actuaciones realizadas en Aforos en Canal

Tipo	Código	Nombre	CANTIDAD			PORCENTAJE		
			2017	2018	2019	2017	2018	2019
RELACIÓN DE AFOROS EN CANAL	AC01	Trasvase Entrepeñas-Buendia	5	10	0	0,60%	1,14%	0,00%
	AC02	Trasvase Tajo-Segura	6	6	5	0,72%	0,69%	0,83%
	AC03	Canal de Estremera	0	0	2	0,00%	0,00%	0,33%
	AC04	Acequia del Tajo (unido con E07)	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%
	AC05	Caz Chico	19	14	0	2,28%	1,60%	0,00%
	AC06	Caz de la Azuda	18	19	8	2,16%	2,17%	1,33%
	AC07	Canal de las Aves	16	13	0	1,92%	1,49%	0,00%
	AC08	Canal del Atazar	6	3	0	0,72%	0,34%	0,00%
	AC09	Riegos Bornova	6	11	6	0,72%	1,26%	1,00%
	AC10	Trasvase Sorbe-Jarama	5	6	3	0,60%	0,69%	0,50%
	AC11	Castrejón m. dcha.	6	5	2	0,72%	0,57%	0,33%
	AC12	Castrejón m. izda.	5	7	0	0,60%	0,80%	0,00%
	AC13	Central de Puente nuevo	3	4	0	0,36%	0,46%	0,00%
	AC14	Canal de Valdecañas	14	10	2	1,68%	1,14%	0,33%
	AC15	Trv. c. Valdecañas a r. Tiétar	13	18	23	1,56%	2,06%	3,81%
	AC16	Canal del Rosarito	5	7	3	0,60%	0,80%	0,50%
	AC17	Riegos de Ambroz	21	16	0	2,52%	1,83%	0,00%
	AC18	C. ppal. del Alagón (común)	7	10	7	0,84%	1,14%	1,16%
	AC19	C. ppal. m. dcha. del Alagón (unido con AC20)	16	13	2	1,92%	1,49%	0,33%
	AC20	C. ppal. m. izda. del Alagón	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%
	AC21	Rª de Gata Canal IIIA	6	14	0	0,72%	1,60%	0,00%
	AC22	Rª de Gata Canal IIB y IIIB	14	21	14	1,68%	2,40%	2,32%

3.4. Actuaciones realizadas en Impulsiones

Tipo	Código	Nombre	CANTIDAD			PORCENTAJE		
			2017	2018	2019	2017	2018	2019
RELACIÓN DE IMPULSIONES	I_01	Central N. de Trillo	0	1	0	0,00%	0,11%	0,00%
	I_02	Central N. de Zorita	3	7	0	0,36%	0,80%	0,00%
	I_03	Tajo-Estremera Maquilón	3	9	0	0,36%	1,03%	0,00%
	I_04	Tajo-Estremera Fuentidueña	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%
	I_05	Tajo-Estremera Buenamesón	3	4	0	0,36%	0,46%	0,00%
	I_07	Elevación del Tajo en Añoover	4	7	0	0,48%	0,80%	0,00%
	I_08	Elevación Picadas	5	9	11	0,60%	1,03%	1,82%
	I_09	Elevación Tajo en las Parras	0	1	0	0,00%	0,11%	0,00%
	I_10	Riegos de Alcolea	3	23	2	0,36%	2,63%	0,33%
	I_11	Elevación Tajo-Arrocampo	8	6	3	0,96%	0,69%	0,50%
	I_12	Canal del Sector XVII	4	10	9	0,48%	1,14%	1,49%

3.5. Actuaciones realizadas en Marcos de Control

Tipo	Código	Nombre	CANTIDAD			PORCENTAJE		
			2017	2018	2019	2017	2018	2019
RELACIÓN DE MARCOS DE CONTROL	MC01	Henares en Guadalajara	6	3	0	0,72%	0,34%	0,00%
	MC02	Jarama en San Fernando	6	6	0	0,72%	0,69%	0,00%
	MC03	Manzanares en Pte San Fernando	6	6	2	0,72%	0,69%	0,33%
	MC04	Tajo en Talavera de la Reina	5	6	3	0,60%	0,69%	0,50%
	MC05	Tiétar en Valverde de la Vera	4	7	3	0,48%	0,80%	0,50%
	MC06	Tiétar en Casa Tejada-Jaraiz	12	16	2	1,44%	1,83%	0,33%
	MC07	Alagón en Coria	7	7	0	0,84%	0,80%	0,00%



3.6. Actuaciones realizadas en Pluviómetros

Tipo	Código	Nombre	CANTIDAD			PORCENTAJE		
			2017	2018	2019	2017	2018	2019
RELACIÓN DE PLUVIÓMETROS	P_06	Valsalobre	6	9	2	0,72%	1,03%	0,33%
	P_07	Culebras (Manzaneros)	4	2	3	0,48%	0,23%	0,50%
	P_08	Ermita de la Resurrección	4	2	2	0,48%	0,23%	0,33%
	P_09	El Navajillo	24	31	11	2,88%	3,54%	1,82%
	P_10	Bujarrabal	3	3	0	0,36%	0,34%	0,00%
	P_11	Valdecubo (El Mirón)	2	3	4	0,24%	0,34%	0,66%
	P_12	Bocones	3	15	5	0,36%	1,71%	0,83%
	P_13	Miedes de Atienza	3	4	0	0,36%	0,46%	0,00%
	P_14	Gascueña de Bornova	3	3	2	0,36%	0,34%	0,33%
	P_18	Umbralejo	3	7	0	0,36%	0,80%	0,00%
	P_19	Majaelrayo	7	9	17	0,84%	1,03%	2,82%
	P_21	Puebla de la Sierra	5	13	0	0,60%	1,49%	0,00%
	P_25	Navamojada(Depósito)	3	2	2	0,36%	0,23%	0,33%
	P_26	Olla de Quiñón	3	4	2	0,36%	0,46%	0,33%
	P_27	Casas de la Garganta	9	2	0	1,08%	0,23%	0,00%
	P_29	Convento de el Castañar	4	3	2	0,48%	0,34%	0,33%
	P_30	Cerro Hornillo	3	2	0	0,36%	0,23%	0,00%
	P_31	Prado Doctor	14	3	0	1,68%	0,34%	0,00%
	P_32	San Pablo de los Montes	5	3	5	0,60%	0,34%	0,83%
	P_33	Cepeda la Mora	7	6	0	0,84%	0,69%	0,00%
	P_35	Casas de los Veneros	3	12	0	0,36%	1,37%	0,00%
	P_37	Santa Cruz de Pinares	15	24	15	1,80%	2,74%	2,49%
	P_40	Casillas	9	4	5	1,08%	0,46%	0,83%
	P_41	Roblehermoso	3	7	2	0,36%	0,80%	0,33%

Tipo	Código	Nombre	CANTIDAD			PORCENTAJE		
			2017	2018	2019	2017	2018	2019
RELACIÓN DE PLUVIÓMETROS	P_42	El Navajo	13	18	12	1,56%	2,06%	1,99%
	P_43	Fuente-Refugio (Río Arenal)	17	26	14	2,04%	2,97%	2,32%
	P_44	Casa del Torno	1	1	0	0,12%	0,11%	0,00%
	P_45	Santuario de Chilla	5	18	2	0,60%	2,06%	0,33%
	P_46	Casas Bco. de la Hoz	16	26	81	1,92%	2,97%	13,43%
	P_47	Central Eléctrica Nueva	7	5	3	0,84%	0,57%	0,50%
	P_48	Las Becillas	21	9	3	2,52%	1,03%	0,50%
	P_49	Casa de Torrejón de Arriba	13	6	2	1,56%	0,69%	0,33%
	P_50	Casas de Mindaño	16	15	17	1,92%	1,71%	2,82%
	P_52	Ermita del Calvario	4	4	5	0,48%	0,46%	0,83%
	P_53	Depósito Valdesangil	4	4	4	0,48%	0,46%	0,66%
	P_54	Pozas del Caraba	5	5	0	0,60%	0,57%	0,00%
	P_55	La Alberca	3	9	0	0,36%	1,03%	0,00%
	P_56	Travesadero	16	13	11	1,92%	1,49%	1,82%
	P_57	Teso de la Guija	4	5	2	0,48%	0,57%	0,33%
	P_58	Ayo. del Arguijo	32	22	5	3,84%	2,51%	0,83%
	P_59	Los Rebollares	23	25	24	2,76%	2,86%	3,98%
	P_60	Sierra del Salío	9	14	9	1,08%	1,60%	1,49%
	P_61	Alto del Rey	12	7	0	1,44%	0,80%	0,00%
	P_62	Punto de Control Demo en el CCC Madrid	18	25	36	2,16%	2,86%	5,97%



3.7. Actuaciones realizadas en Pluvionivómetros

Tipo	Código	Nombre	CANTIDAD			PORCENTAJE		
			2017	2018	2019	2017	2018	2019
RELACIÓN DE PLUVIONIVÓMETROS	PN01	Pajares de la Herradura	4	9	3	0,48%	1,03%	0,50%
	PN02	Fuente de Hocinillo	8	8	0	0,96%	0,91%	0,00%
	PN03	Residencia Padre Polanco	8	7	0	0,96%	0,80%	0,00%
	PN04	Setiles (La Matanza)	5	6	3	0,60%	0,69%	0,50%
	PN05	Vega del Codorno	4	5	0	0,48%	0,57%	0,00%
	PN15	Condemios de arriba	4	5	3	0,48%	0,57%	0,50%
	PN16	Campisábalos (Depósito)	8	3	2	0,96%	0,34%	0,33%
	PN17	Cantalojas	8	4	2	0,96%	0,46%	0,33%
	PN20	Cabida (Ayo. Cercadillas)	6	7	3	0,72%	0,80%	0,50%
	PN22	Robregordo	3	7	7	0,36%	0,80%	1,16%
	PN23	Depósitos (La Dehesa)	6	2	2	0,72%	0,23%	0,33%
	PN24	Albergue de la Lobera	16	18	7	1,92%	2,06%	1,16%
	PN28	La Barranca	4	2	3	0,48%	0,23%	0,50%
	PN34	Puerto del Pico	9	15	0	1,08%	1,71%	0,00%
	PN36	Navandrinal	3	2	15	0,36%	0,23%	2,49%
	PN38	Navalperal de Pinares	5	3	0	0,60%	0,34%	0,00%
	PN39	Peguerinos	4	7	2	0,48%	0,80%	0,33%
	PN51	Caserío Fuente Zeoz	17	8	6	2,04%	0,91%	1,00%

3.8. Actuaciones realizadas en Nivómetros

Tipo	Código	Nombre	CANTIDAD			PORCENTAJE		
			2017	2018	2019	2017	2018	2019
RELACIÓN DE NIVÓMETROS	NV01	Tragacete	1	4	12	0,12%	0,46%	1,99%
	NV02	Rascafría	3	1	4	0,36%	0,11%	0,66%
	NV03	Serranillos	3	4	0	0,36%	0,46%	0,00%
	NV04	Tornavacas	2	2	0	0,24%	0,23%	0,00%
	NV05	Robregordo	1	1	1	0,12%	0,11%	0,17%

3.9. Actuaciones realizadas en Puntos de Presentación de Datos

Tipo	Código	Nombre	CANTIDAD			PORCENTAJE		
			2017	2018	2019	2017	2018	2019
RELACIÓN DE PUNTOS DE PRESENTACIÓN DE DATOS	PPEN	PPD de Entrepeñas	0	1	0	0,00%	0,11%	0,00%
	PPTO	PPD de Toledo	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%
	PPCA	PPD de Cáceres	0	1	0	0,00%	0,11%	0,00%
	PPRO	PPD de la Roda	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%

3.10. Actuaciones realizadas en Centros de Explotación

Tipo	Código	Nombre	CANTIDAD			PORCENTAJE		
			2017	2018	2019	2017	2018	2019
RELACIÓN DE CENTROS DE EXPLOTACIÓN	CEGU	CE de Guadalajara	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%
	CETA	CE de Talavera	1	0	0	0,12%	0,00%	0,00%
	CEPL	CE de Plasencia	0	1	0	0,00%	0,11%	0,00%



Si observamos todas las categorías y nos fijamos en los puntos que acaparan año tras año una cantidad de intervenciones superior al resto (mayor del 5% de las actuaciones por punto), obtenemos los siguientes:

Código	Nombre	CANTIDAD			PORCENTAJE		
		2017	2018	2019	2017	2018	2019
E_10	Pozo de los Ramos	10	18	35	1,20%	2,06%	5,80%
E_25	Cazalegas	64	42	12	7,68%	4,80%	1,99%
E_39	Valdeobispo	31	52	32	3,72%	5,94%	5,31%
E_47	Cedillo	45	32	35	5,40%	3,66%	5,80%
AR08	Tajo en Almoguera	51	33	20	6,12%	3,77%	3,32%
AR26	Gévalo en Alcaudete de la Jara	8	18	32	0,96%	2,06%	5,31%
AR29	Tietar en Arenas San Pedro	32	32	53	3,84%	3,66%	8,79%
AR49	Azud del Encín	18	19	36	2,16%	2,17%	5,97%
P_46	Casas Bco. de la Hoz	16	26	81	1,92%	2,97%	13,43%
P_62	Punto de Control Demo en el CCC Madrid	18	25	36	2,16%	2,86%	5,97%

Estos puntos tienen peculiaridades que provocan un elevado número de intervenciones. Si bien, en la mayoría de los casos, las intervenciones van disminuyendo año tras año.

En el caso de los marcos de control (mayor número de puntos en comparación con la cantidad de puntos existentes por categoría), los problemas suelen venir por la situación de la instrumentación (al alcance de la acción del hombre y de aves que pueden sobrevolarla).

El resto de puntos son puntos con instrumentación que está llegando al final de su vida útil.

4. Campañas de Mantenimiento

A lo largo del año se llevan a cabo diversas campañas con el objeto de mantener las instalaciones en las mejores condiciones posibles y con un funcionamiento adecuado. Las campañas se llevan a cabo sobre los diferentes puntos de control que se extienden a lo largo de la cuenca.

A continuación se enumeran dichas campañas:

- Campaña de pluviometría
- Campaña de revisión de aforadores
- Campaña de revisión de nivómetros
- Campaña de revisión de grupos electrógenos
- Campaña de desratización
- Campaña de revisión de compuertas
- Campaña de riegos
- Campaña de revisión de embalses (cada dos años)
- Campaña de revisión de estaciones de calidad de aguas (ECA)

Todas estas campañas se llevan a cabo en paralelo con los trabajos habituales de revisión y reparaciones correctivas que se hacen sobre las instalaciones.

Seguidamente se explican los trabajos realizados en cada campaña.

4.1. Campaña de pluviometría

El objetivo de esta campaña es comprobar el estado operativo, funcional y de desgaste de los elementos que forman el medidor de cantidad de agua/nieve (190 pluviómetros).

Se fijan los parámetros básicos en función de los datos proporcionados por el fabricante, consultas y experiencia del personal de mantenimiento que realiza los trabajos.

Del análisis de los datos recogidos durante la campaña se elabora una lista de aquellos puntos en los que existen dudas razonables sobre su funcionalidad. Dicha lista es elaborada por el área de Hidrología conjuntamente con el personal de Mantenimiento.

Las bases de partida son las siguientes:

- Datos de otros organismos (AEMET) sobre registro de lluvia
- Extrapolación a los datos areales de pluviometría
- Comparación con pluviómetros próximos, teniendo en cuenta las condiciones de entorno, orientación, vertiente, datos de obstáculos
- Resultados obtenidos de la campaña inicial realizada en el semestre anterior
- Experiencia del personal de mantenimiento

A continuación, se detalla el proceso de comprobación de este tipo de equipos:

El pluviómetro / pluviométrico funciona en base al llenado y basculación de una cantidad normalizada de agua. Por cada basculación se produce un pulso generado por un contacto magnético tipo reed.

La comprobación funcional se repite en intervalos de un año o medio año. Para ello se llena un recipiente equipado con una tobera (taladro) con una cantidad determinada de agua limpia. El agua tarda unos minutos en salir del



recipiente y se totaliza el número de impulsos (vuelcos) en base a las directrices marcadas por el fabricante. En base a estos pulsos, se procede a realizar el ajuste.

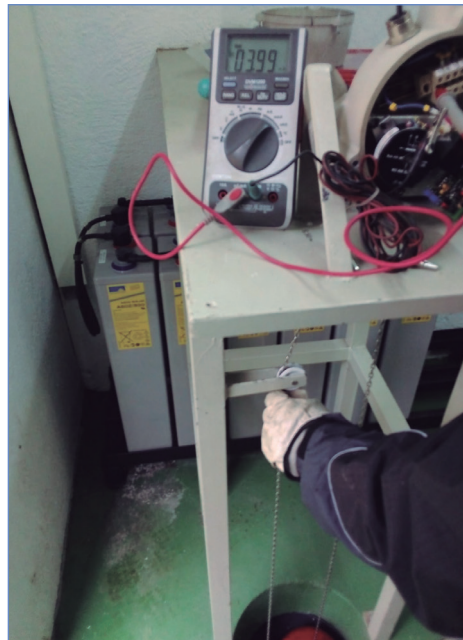
En algunos puntos se pueden producir problemas de medida por la presencia de árboles cerca de la instrumentación. Estos árboles, con sus ramas, pueden provocar que la medida se falsee. A continuación, a modo de ejemplo, se muestran los puntos P_58 y AR23 que son dos zonas que tienen este problema:



4.2. Campaña de revisión de aforadores

La campaña de revisión de los aforadores tiene por objeto revisar y limpiar la instrumentación, así como realizar el ajuste de la electrónica de medida. Esta campaña de limpieza de Aforos en Río se realiza regularmente en los diversos puntos de control de la cuenca.

A continuación, se puede observar una muestra de los trabajos que se llevan a cabo:





4.3. Campaña de revisión de nivómetros

Las actuaciones de mantenimiento preventivo se llevan a cabo con una periodicidad anual (dentro del año hidrológico).

Estas actuaciones consisten en las siguientes tareas:

- Limpieza de la estructura: Consiste en retirar y sanear cualquier defecto (óxido) provocado por las inclemencias del tiempo sobre la estructura soporte del equipamiento. Para ello es necesario subir por ella.
 - Limpieza del sensor de altura de nieve (sensor de medida de rayos cósmicos): Consiste en retirar los restos sólidos de la parte exterior del sensor y sanear todo el contorno, verificando el sistema de interconexión eléctrica. Este sensor se encuentra al nivel del suelo, por lo que no es necesario acceder a la estructura.
 - Limpieza de medidores de radiación solar y temperatura: Estos sensores se encuentran montados en la estructura, siendo por tanto necesario subir a ella para su acceso. Se empleará una escalera para acceder a ellos y los elementos de seguridad asociados con el fin de evitar caídas, como son un casco y arnés de seguridad
 - Seguidamente se procederá a verificar la no oxidación de la tornillería de cierre ni de las carcasas y protecciones. Se verifica la no existencia de residuos sólidos (nidos de pájaros o insectos, hojas, polvo)
 - Comprobación del sistema de adquisición de datos y comunicaciones: Esta tarea consiste en una primera tarea de verificación visual para comprobar la no existencia de daños físicos ni degradaciones tanto externas como internas del equipamiento electrónico y eléctrico.
 - Seguidamente se realizarán pruebas funcionales mediante comunicación vía serie entre un portátil y el autómata incorporado en el nivómetro.
- Para probar el módem GSM o Inmarsat se emplea un terminal telefónico estándar, el cual se conecta a la entrada del módem, generando una llamada de prueba.
 - Verificación funcional: Esta tarea consiste en verificar que los datos del Centro de Control coinciden con lo almacenado en el autómata del nivómetro. Para ello se partirá de los datos obtenidos por el portátil.



4.4. Campaña de revisión de grupos electrógenos

El elemento llamado Grupo Electrógeno forma parte del Sistema Eléctrico dentro del contrato de Mantenimiento del SAIH del Tajo para Confederación Hidrográfica del Tajo. Los trabajos definidos para realizar un correcto mantenimiento a estos equipos son los que se recogen a continuación para cada uno de los elementos y partes que conforman el sistema de eléctrico de los puntos de control:

- Comprobación del sistema de acometidas: se revisa el estado del cableado, el cual puede sufrir daños por mordedura de alimañas o condiciones de humedad y temperatura. Se sellan con espuma de poliuretano las zonas que se consideren degradadas.
- Comprobación del cuadro eléctrico de compañía: se revisa el estado del cableado, el cual puede sufrir daños por mordedura de alimañas o condiciones de humedad y temperatura. Se retiran los restos sólidos, nidos, alimañas y suciedad que exista en el armario.
- Comprobación funcional y toma de datos del equipo regulador: se chequean los datos adquiridos localmente, con los medidos y con el dato recibido en el Centro de Control del SAIH.
- Comprobación funcional y toma de datos del sistema del cargador de baterías: se comprueba los datos adquiridos localmente, con los medidos y con el dato recibido en el Centro de Control del SAIH.
- Comprobación funcional y toma de datos de las baterías: se comprueba los datos adquiridos localmente, con los medidos y con el dato recibido en el Centro de Control del SAIH.
- Limpieza y verificación funcional de paneles solares: esta tarea consiste en la limpieza de restos sólidos, líquidos y mixtos de los paneles con el fin de garantizar una óptima recepción de la energía solar. Debido a la inclinación de

los paneles el acceso a éste es complicado, por ello se emplean cepillos con mango telescópico y de una dureza baja con el fin de evitar el rayado de los paneles.

- Limpieza, verificación funcional y toma de datos de grupos electrógenos: se comprueban los datos adquiridos localmente, con los medidos y con el dato recibido en el Centro de Control del SAIH. Por otra parte se procede al cambio de elementos fungibles (aceite, filtro de aceite....) así como a la limpieza y/o engrase de partes móviles o susceptibles de degradarse por la suciedad (inyectores, tanque de gasoil...).
- Limpieza y estado operativo de los pararrayos: se procede a la retirada de residuos sólidos y óxido que pudiera existir en el pararrayos.
- Comprobación y medida de parámetros de las tomas de tierra: mediante un telurómetro se mide la calidad de la toma de tierra, en caso de que no sea suficiente la resistencia ofrecida se procede a tratar la tierra con sales conductoras para conseguir el valor deseado. Se limpian y retira el óxido de las conexiones.





4.5. Campaña de instalación de elementos de desratización y ahuyentadores de roedores

4.5.1. Instalación de ahuyentadores de roedores

Las actuaciones que se llevan a cabo dentro de esta campaña de desratización son las siguientes:

- Revisión de raticidas: dentro de este apartado, se procede a revisar todos los puntos más críticos de cada ubicación, así como los posibles accesos de roedores a los mismos. Se realiza la revisión de la caseta y armarios
- Limpieza: seguidamente, una vez que se han revisado todos los puntos, se procede a llevar a cabo una limpieza de los posibles excrementos de roedores que haya en el punto
- Instalación de bolsas: finalmente, se procede a la instalación de bolsas de desratización en los puntos más críticos

Las actuaciones se han llevado a cabo en todo tipo de casetas (pluviómetros y pluviométricos, aforos en río y en canal, embalses y marcos de control).



Normalmente se opta por hacer esta instalación en embalses, puesto que cuentan con mayor cantidad de instrumentación instalada además de ser puntos especiales dentro de la cuenca.

4.6. Campaña de revisión de los detectores de posición de compuerta en embalse y/o azud

Antes de comenzar los trabajos de esta campaña, se verifican los datos que están al alcance de los responsables de mantenimiento:

- Incidencia o avería reportada
- Datos sala SAIH y análisis de la incidencia suficientemente contrastados

Una vez comprobada la incidencia se realizará una programación de actividades y se informará a la propiedad y concesionaria (si aplica).

Para proceder a la reparación de una incidencia por parte del personal de campo, se tendrán en cuenta los siguientes puntos:

- Comprobación previa de datos en Sala SAIH
- Comprobación de datos en armario de remota
- Comprobación de datos en instrumento
- Comprobación histórica y reporte temporal de incidencia

La actividad de reparación será realizada de acuerdo a:

- Comprobación de Tarjetas AI en Remota
- Comprobación de protectores, aisladores, bornas, etc
- Comprobación de tensiones de alimentación instrumento
- Comprobación de señal corriente de lazo
- Comprobación del cableado de señal/alimentación. Especialmente por posibles vandalismos y/o roedores
- Comprobación visual de estado de instrumento (sensor, conectores, oxidaciones, pérdidas, etc.)
- Comprobación de señal de lazo de corriente y su correspondencia con el grado de apertura



4.7. Campaña de riegos

En los diversos canales de riego que forman parte de la cuenca del Tajo se encuentran instrumentos de medida del SAIH. La campaña de mantenimiento que se lleva a cabo en estos puntos está dividida en tres fases:

- Re-instrumentación.
- Mantenimiento.
- Desinstalación de la instrumentación.

Fase de reinstrumentación:

En esta fase se procede a la reinstalación de la instrumentación de medida de caudal en canal que se retiró a final de la campaña de riegos anterior. Esta fase se lleva a cabo una vez que se ha verificado que los canales llevan agua, circunstancia que es conocida debido a la permanente comunicación entre los diversos departamentos de la Confederación.

Las actuaciones en los diferentes puntos consisten en realizar los siguientes pasos:

- Se realiza una revisión del estado del canal de regadío
- Se procede a limpiar y sanear el soporte de forma que quede en perfecto estado durante toda la campaña de riegos
- Se realiza una revisión y comprobación del correcto funcionamiento de la instrumentación acopiada en el punto y que se va a reinstalar
- Se lleva a cabo el montaje de los soportes para ubicar la instrumentación (sondas) en el lugar correcto de medida
- Se procede a desempaquetar (caso de estar empaquetada después del final de la campaña anterior) y a montar la sonda en el soporte reinstalado previa limpieza a fondo de la misma
- Se realizan las comprobaciones del correcto funcionamiento de las sondas e instrumentos junto con el apoyo en remoto del personal del Centro de Control del SAIH.





Fase de mantenimiento:

En esta fase las actuaciones llevadas a cabo por el personal de mantenimiento, en permanente comunicación con el personal de hidrología y de sistemas informáticos, consisten en la revisión y limpieza de los diferentes puntos de forma regular, así como la atención de posibles incidencias que se produzcan.



Fase de desinstalación de la instrumentación:

Las actuaciones en los diferentes puntos consisten en realizar los siguientes pasos:

- Se realiza una revisión del estado del canal de regadío, con objeto de confirmar que no hay agua circulando por el canal ni hay previsión de volver a dar agua
- Se realiza una revisión y comprobación del correcto funcionamiento de la instrumentación instalada en el punto
- Se lleva a cabo el desmontaje de los soportes instalados para ubicar la instrumentación (sondas) en el lugar correcto de medida
- Se procede a desmontar la sonda del soporte retirado y a efectuar una limpieza a fondo para, finalmente, empaquetar (si es necesario o posible) la sonda de forma que esté protegida fuera de la campaña
- Se procede a limpiar y sanear el soporte de forma que quede en perfecto estado para el próximo inicio de campaña de riegos

Una vez realizadas todas estas acciones, se procede a almacenar convenientemente los elementos retirados en las casetas SAIH existentes en cada punto.





4.8. Campaña de calibración de niveles de embalses

Esta campaña es una de las más importantes dentro de las labores de mantenimiento que se llevan a cabo dentro del SAIH del Tajo, puesto que consiste en la calibración fina de los medidores de nivel de embalse tanto en parámetro como en escollera.

El objeto es realizar los ajustes necesarios para que la medida entregada por el sistema sea fiable y dentro de los errores aceptados para el sistema SAIH. Estos trabajos se realizan en base a las siguientes actividades:

- Toma de datos topográficos de la lámina de agua incluyendo realización de reportaje fotográfico de las tomas de referencia
- Lectura de datos programación PAROS
- Reajuste de parámetros de PAROS
- Verificación parámetros RTU y SCADA
- Verificación cotas
- Contraste con datos de la empresa concesionaria u otro medidor
- Contraste de datos con Centro de Control SAIH
- Revisión del sistema compresor, neumático, válvulas de regulación y cableado de alimentación y señal

La campaña se ha realizado de forma bianual, principalmente durante los meses de Mayo y Junio.

La necesidad de la campaña está motivada y justificada por los siguientes factores:

- Comprobación de las derivas con respecto a la campaña precedente (año 2016)

- Tiempo que llevan los sensores instalados, más de 15 años en algún caso
- Comprobación de las medidas tanto local, como contraste con CCC y otros
- Comprobación de los sistemas de presión (neumático, hidrostático, eléctrico, protecciones, etc...)
- Verificación de las discrepancias en las medidas (más del 5%) sobre el rango
- Seguimiento de las cotas de burbujeo por reinstalación del bitubo de medida



La experiencia del equipo de mantenimiento determina que es necesario realizar comprobaciones periódicas para el reajuste de los parámetros del sistema PAROS de medida de cota en embalse. Este procedimiento se realiza, comparando el dato de la cota del sensor con la que se obtiene midiendo la cota real de la lámina de agua con una estación total de topografía. Hay que verificar que la parametrización grabada en el sistema de medida es la

adecuada y en caso contrario corregirla para lograr que la cota medida sea lo más real posible.



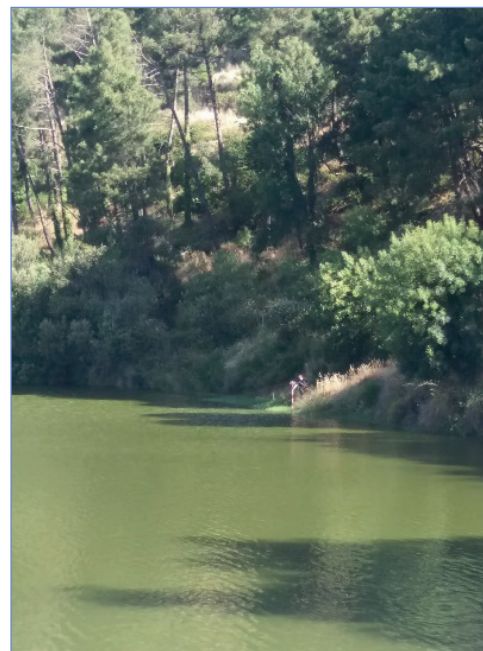
Para cada uno de los puntos se realizaron las siguientes actividades.

- Identificación de toma de referencia para datos
- Informe al CCC de comienzo de actividad

- Toma de datos de cota a la llegada al embalse
- Contraste con CCC de la cota a la llegada al embalse
- Realización de la medida de la cota de la lámina de agua con sistema Topográfico (Estación Total)
- Verificación de datos en PAROS (cota real, relativa, punto de burbujeo y parámetros UF, temperatura agua, etc...) en base a los datos obtenidos
- Contraste de datos obtenidos con terceros (CYII, FENOSA, Iberdrola, etc.)
- Reajuste y corrección, en cada caso, de los parámetros necesarios
- Verificación de datos reajustados en RTU, sala CCC y otros
- Toma de datos del sistema calibrado

En todos los casos se procede a realizar la inspección, purgado o reparado de las deficiencias encontradas. Al mismo tiempo se contrasta la medida con personal de la empresa concesionaria. Finalmente, se realiza un seguimiento diario en la medida de cada punto una vez recalibrado el sistema para ver su comportamiento.





4.9. Campaña de revisión de cámaras

Esta campaña se lleva a cabo de forma manual sobre las cámaras instaladas en los diversos puntos de especial atención.

El sistema de vídeo instalado en varios de los puntos de control que conforman el SAIH del Tajo, está formado genéricamente por los siguientes elementos:

1. Elementos y equipos instalados en los puntos de Control de Campo:

- Cámaras color
- Lentes

- Posicionadores
- Módulo de Control para posicionadores
- CODEC para señales de Vídeo
- Módulo adaptador a RS232

2. Elementos y equipos instalados en el Centro de Control:

- CODEC para las señales de vídeo
- Módulo adaptador a RS232
- Monitor de TV 21"
- Teclado para control de cámaras móviles
- Software de control y gestión del sistema

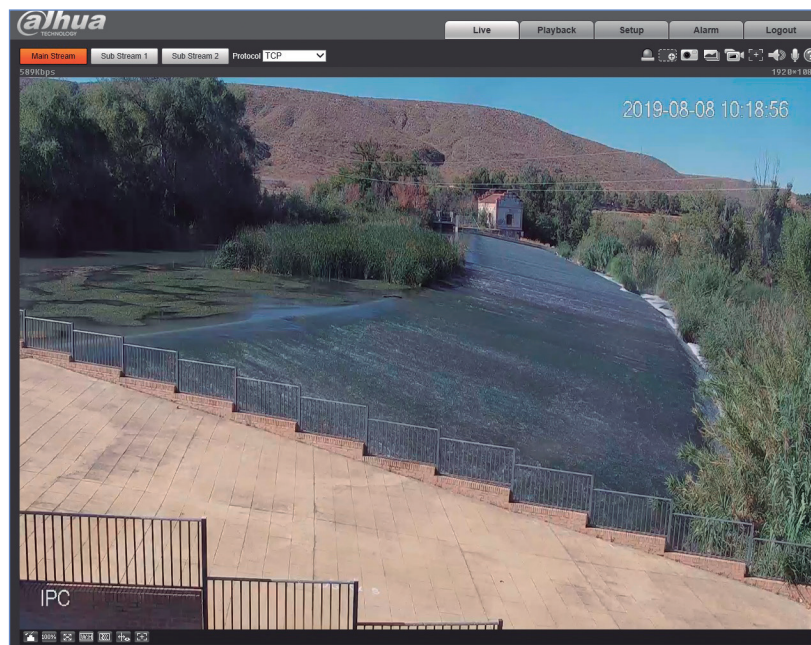
Las labores que se consideran necesarias para el correcto mantenimiento de los equipos señalados anteriormente son las que se detallan a continuación:

- Limpieza de cámaras, lentes y carcasas
Se procede a la limpieza de la carcasa, del posicionador y del resto de componentes, teniendo especial cuidado en la limpieza de la lente, donde se retiran en primer lugar los residuos sólidos para proceder a continuación a la limpieza con un paño de algodón, con el fin de evitar rayarla. Al ser equipos de electrónica y óptica delicada requieren de una actuación cuidadosa
- Verificación del estado funcional de los posicionadores
Se chequea que tanto localmente como desde el Centro de Control, el posicionador realiza los movimientos de acuerdo a los comandos enviados
- Verificación funcional de CODECs y módulos convertidores.

Se comprueba que la imagen llega adecuadamente al Centro de Control y que se realizan todos los comandos (zoom, movimiento...) enviados, tanto desde el Centro de Control como localmente

- Verificación funcional del monitor de TV
Se revisa la imagen enviada desde el punto de control, con objeto de confirmar que se visualiza adecuadamente en el monitor
- Verificación funcional del teclado de control y software de gestión
Se contrasta que funcionan adecuadamente las órdenes transmitidas a través del teclado de control y que se producen las respuestas esperadas

En el caso del software de gestión se comprueba que las actuaciones requeridas se producen correctamente. Esta comprobación se lleva a cabo en el ordenador dedicado a ello.





4.10. Campaña de revisión de estaciones de calidad de aguas (ECA)

En esta campaña se verifica el estado y correcto funcionamiento de las diversas estaciones de calidad de agua que hay instaladas en varios embalses del SAIH del Tajo. La estación de calidad de aguas (ECA) permite cuantificar los siguientes parámetros de calidad:

- Temperatura.
- pH
- Oxígeno disuelto
- Turbidez
- Conductividad

Debido a que las estaciones de calidad del agua se encuentran en una balsa es necesario emplear una barca para acceder a ellas, así como un permiso de navegación. Se emplearán como elementos de seguridad adicionales chalecos salvavidas y señalizadores.

Dentro del SAIH del Tajo, existen 5 embalses en los que se encuentra instalada una balsa con el equipamiento anteriormente descrito.

- Embalse E_01 – Entrepeñas.
- Embalse E_03 – Buendía.
- Embalse E_17 – Burguillo.
- Embalse E_19 – San Juan.
- Embalse E_21 – El Pardo.

Los trabajos definidos para el mantenimiento son:

- Limpieza de sondas y elementos de medida:

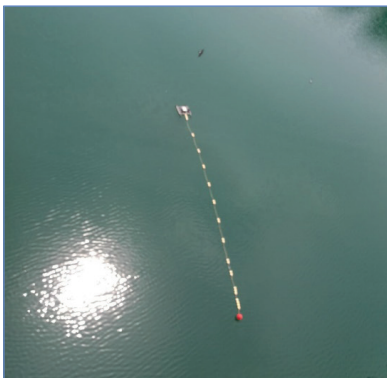
Se procederá a la limpieza de los elementos de medida (sensor y convertidores de señal), incluyendo el desmontaje de las piezas necesarias para poder realizar la limpieza completa, eliminando restos óxidos, sólidos y animales (nidos...) que puedan existir.

- Verificación de las señales:

Esta tarea consiste en contrastar los datos obtenidos por la estación de calidad de aguas con los reales y los enviados al centro de control.

- Calibración:

Se verificará que las medidas se encuentran dentro del rango. En caso contrario se desmontará el equipo para enviarlo al fabricante.



5. Otras actuaciones de Mantenimiento

Además de las actuaciones programadas en las diferentes campañas, a lo largo del año se llevan a cabo otras actuaciones de mantenimiento correctivo y/o modificativo, además se producen actos vandálicos en algunos puntos que deben ser reparados al igual que se hace con el resto de incidencias que se producen a lo largo del año. A modo de ejemplo se muestran algunas de ellas.

5.1. Impermeabilización de techo en casetas

Los trabajos se inician con una limpieza en profundidad de las superficies a tratar. A continuación, se da un producto que permita tapar las fisuras y recibir el producto que pegará la tela asfáltica al techo de la caseta. Se procede a extender la tela asfáltica y a pegarla utilizando un soplete con gas butano. Finalmente, se tratan todas las uniones y se procede a pintar el interior según se describe en el siguiente punto.

Estos trabajos no sólo se limitan a la superficie, sino que también se trata el alero que forma el techo de la caseta en todo su perímetro. Se ha reparado el tejado de las siguientes casetas:

- AC16 Canales de Rosarito
- AR17 Jarama en Mejorada del Campo
- AR27 Uso en Aldeanueva de Barbarroja
- AR30 Gª Alardos en Madrigal de la Vera
- AR31 Gª Minchones en Villanueva de la Vera
- AR32 Gª Cuartos en Losar de la Vera
- AR35 Alagón en Garcibuey

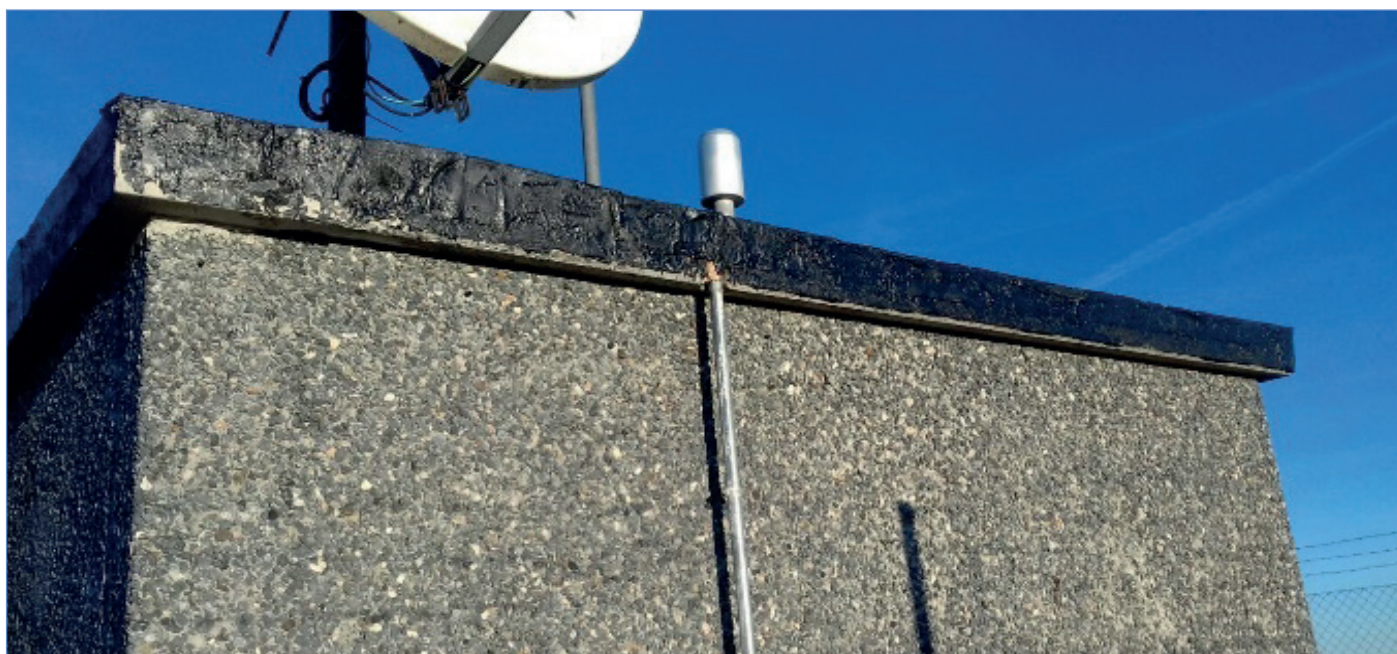
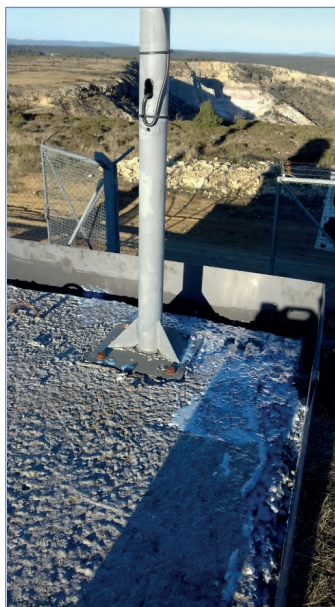
- E_26 Guajaraz
- E_35 Navamuño
- PN38 Navalperal de Pinares
- P_06 Valsalobre-Peñalén

A continuación, se expone a modo de ejemplo, lo realizado en uno de los puntos.

5.1.1. P_06 Reparación de techo de caseta

Debido a la edad de la caseta y a la alta exposición a las temperaturas extremas, el agua de lluvia y su posterior conversión en hielo acaba por cuartear y dejar inútil su impermeabilidad. Por eso se procede a sanear completamente la superficie deteriorada para aplicar una capa adherente previa al vertido de hormigón y su posterior impermeabilización con telas asfálticas.





5.2. Pintura interior de paredes, techo y suelo de casetas

Los trabajos se inician con una limpieza en profundidad de las superficies a tratar para a continuación, empapelar todos los equipos instalados en el interior, que no se deben pintar.

A continuación, se pintan el techo y las paredes. Finalmente, se pinta el suelo y se retiran los complementos que protegían de la pintura la instrumentación.

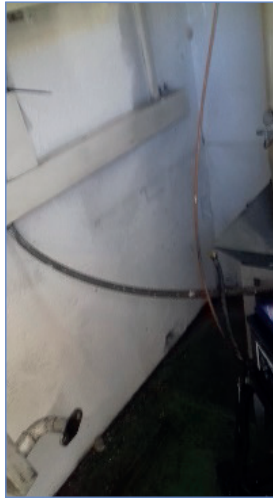
Las casetas en las que se han realizado estos trabajos son:

- AR49 El Encín en el Azud del Encín.
- E_42 Árrago.
- PN51 Caserío Fuente de Zeoz-Cabezuela del Valle

A continuación, se expone a modo de ejemplo, lo realizado en uno de los puntos.

5.2.1. PN51 (pintura de casetas):





5.3. Daños sufridos por vandalismo (AC16)

Durante este trienio se han sufrido pocos actos vandálicos en las instalaciones, siendo los más habituales los sufridos en las casetas de los puntos AR23, AR13 y en algunos aforos en canal. A continuación, se muestra el destrozo sufrido en el AC16, donde se recibió el aviso de intrusismo por parte del Centro de Control y de acuerdo al protocolo de actuación, se avisó a la Guardia Civil. Al día siguiente, el personal de campo se desplazó al punto para evaluar el alcance de los daños ocasionados.

A continuación, se muestran imágenes del estado en el que quedó la caseta tras el vandalismo.





En las siguientes imágenes se muestra el estado final de la instalación una vez finalizada la reparación.



5.4. Protección de sensores de caudalímetro (AC16)

En la gran mayoría de los puntos de aforo en canal, se dispone de estructuras de extracción de la instrumentación de medición. Sin embargo, en el aforo situado en el AC16 (Canal de Rosarito), los sensores están instalados de manera permanente (durante y fuera de la campaña de riegos). Para evitar el deterioro que sufren los sensores de medición de velocidad del agua cuando no se encuentran sumergidos (fuera de la temporada de riegos), se preparan unos mecanismos desmontables que les protegerán de los posibles golpes y del desgaste generado por los fenómenos atmosféricos.

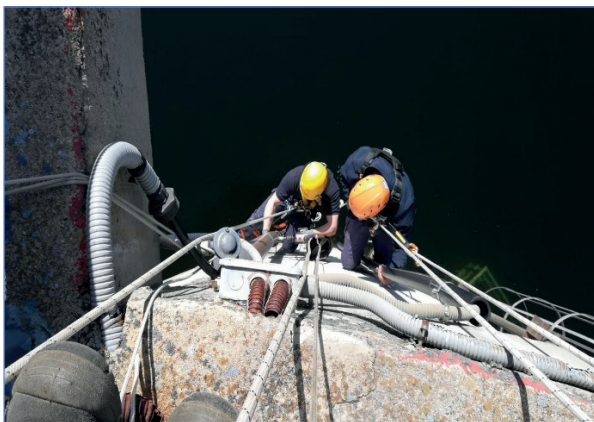




5.5. Refuerzo de anclajes de tubos en los limnímetros

Se ha ideado un sistema de argollas que permite realizar el refuerzo de los anclajes de los tubos a los paramentos verticales de las presas, sin necesidad de desmontar el tubo para atornillar justo detrás de su eje, como es el caso de todas las argollas existentes en el mercado.

A continuación, se pueden ver varias fotos de lo que se ha instalado en numerosos embalses.



5.6. Cambio de ubicación de sonda (AC17)

En algunas ocasiones y en algunos puntos, después de un estudio entre la Dirección de Obra, la Jefatura de Obra y los Departamentos de Hidrología y Sistemas, se solicita al departamento de Mantenimiento, que proceda a la reubicación/modificación/traslado de sensores y/o instalación de nuevo equipamiento.

Un ejemplo es el AC17 (Riegos del Ambroz), donde se procede a cambiar la ubicación del caudalímetro:







Vista del embalse El Atance (E 48)

Vista de la caseta SAIH del AR33 (Garganta Jaranda en Jaraiz de la Vera)



SISTEMAS

1. Ampliación y cambio de ubicación de la base de datos históricos

El creciente traspaso de datos desde el sistema SCADA en tiempo real hacia la base de datos que almacena los históricos del SAIH, unido a la inclusión del sistema WISKI para la gestión de los datos del Sicolnfronjo, ha hecho que el espacio de almacenamiento reservado para los datos de nuestro sistema Oracle haya empezado a ser insuficiente.

Por tanto, surge la necesidad de ampliar el espacio mediante una nueva unidad de almacenamiento que sustituya a la que anteriormente compartían SCADA Y Oracle.

También se decide trasladar físicamente los servidores y la nueva unidad de almacenamiento, al armario del SAIH existente en el CPD (Centro de Procesamiento de Datos) de la Confederación Hidrográfica del Tajo.

1.1. Situación inicial

En el armario de servidores, dentro de la propia Sala SAIH, había un clúster de base de datos Oracle formado por dos servidores. La unidad de almacenamiento utilizada por este clúster era compartida con la que emplea el clúster del Scada (Tiempo Real).

La versión de Oracle instalada era la 11.2.0, que se decide mantener.

La unidad de almacenamiento existente era una EVA 3000 de Hewlett Packard y el espacio reservado para la base de datos histórica era de tan solo 300GB de los cuales apenas quedaban libres 30GB.

El volumen de datos históricos generados por el SAIH anualmente en el momento de la migración, rondaba los 20GB.

También estaba prevista la implementación del sistema Wiski en toda la red SAIH, estos datos debían quedar almacenados en otra base de datos dentro del mismo clúster de Oracle.

Por tanto, era necesaria la ampliación del almacenamiento disponible en la instalación de Oracle. Como los servidores que integraban el clúster de Oracle eran relativamente recientes y estaban ofreciendo un rendimiento satisfactorio, se decidió mantenerlos en producción.

Se detectaron algunas configuraciones en la instalación de Oracle que eran mejorables; entre ellas el tratamiento de los logs del sistema y la implementación de las copias de seguridad automáticas.

1.2. Desarrollo de los trabajos

Las tareas que había que realizar eran:

- Instalar y configurar la nueva cabina de almacenamiento (SAN) para Oracle en el CPD de la Confederación
- Limpiar y reconfigurar ambos nodos del clúster y prepararlos para su traslado físico lo que implicaba un cambio de subred
- Reconfigurar el propio clúster para su funcionamiento en la nueva ubicación y bajo la nueva subred
- Traslado físico de los equipos y conexión con la nueva cabina de almacenamiento (SAN)



- Pruebas de conexión de toda la red y procesos contra la nueva instalación
- Optimización de la instalación de Oracle y mejora de la gestión de logs
- Implementación del nuevo sistema de copias de seguridad automatizado

1.2.1. Hardware

Se decide instalar una matriz de discos de HP modelo HPE MSA 2040 Storage con las siguientes características:

- Arquitectura de controlador de alto rendimiento
- De 6 a 12 GB de caché
- Soporte para discos SAS y para unidades SSD
- Interfaces SAN y SAS
- Conexiones de fibra (FC)
- Capacidad para 24 discos

En esta cabina se instalan 8 discos SAS de 900GB cada uno modelo 12G DP 10K



En cuanto a los servidores se mantuvieron los que ya estaban en producción.

1.2.2. Ejecución de los trabajos

1.2.2.1. Instalación y preparación de la matriz de discos

El lugar elegido para situar el clúster con su nueva cabina de discos, es el Armario del SAIH ubicado en el Centro de Procesamiento de Datos (CPD). Se ubica en la planta inferior del edificio de la Confederación Hidrográfica del Tajo.

Se instalan los ocho discos de 900GB en la nueva cabina y se configuran en RAID 10 lo que deja un espacio utilizable de 3,6TB.

Se crean las unidades necesarias para la integración con Oracle y se configuran las conexiones redundantes con ambos nodos del clúster. Estas conexiones son de fibra óptica para optimizar el rendimiento.

Una vez hechas todas las comprobaciones necesarias, se instala la cabina en su ubicación definitiva en el armario del CPD y se comprueba la conectividad en la nueva red.

1.2.2.2. Limpieza de los Log y optimización del Clúster

Antes de realizar la migración, se considera conveniente hacer una limpieza de los log antiguos, tanto del propio clúster como de cada uno de los nodos.

Con el clúster aún ubicado en su situación inicial (sala SAIH), se procede a eliminar todos los logs antiguos del sistema quedando liberado bastante espacio. Se aprovecha para implementar un sistema de rotación de estos logs para automatizar su borrado automático con unos márgenes de seguridad, evitando así una merma del rendimiento en la base de datos por acumulación y/o crecimiento desmesurado de los ficheros log.

1.2.2.3. Activación completa de ASM y FRA

Se detecta que la instalación que había de Oracle no estaba aprovechando todas las ventajas que ofrecen los sistemas ASM (Automatic Storage Management) y FRA (Fast Recovery Area) que proporciona Oracle en su versión 11.2.0. Se decide modificar la forma en que trabaja la base de datos para optimizar el uso de estas dos tecnologías, lo que provocará una mayor confiabilidad y velocidad en el manejo de los datos. También, facilitará y agilizará la creación de copias de seguridad y su eventual restauración.

1.2.2.4. Reconfiguración del Clúster con el nuevo almacenamiento

Se procede a deshacer el clúster, integrando el primero de los dos nodos con la nueva instalación y el nuevo almacenamiento. De esta manera existen dos instalaciones paralelas de Oracle, un nodo con el almacenamiento antiguo y el otro con el nuevo.

Una vez que se consigue que ambas instalaciones en paralelo se vean entre sí, se procede a detener todos los procesos de acceso a la base de datos y se realiza el volcado desde la instancia antigua a la nueva, quedando ambas con los datos exactamente igual de actualizados. Cuando se comprueba que los datos de ambas instalaciones son exactamente iguales, se desconecta el nodo dos del almacenamiento antiguo y con ambos nodos conectados al nuevo se procede a crear nuevamente el clúster de dos nodos.

1.2.2.5. Traslado al armario del SAIH en el CPD

Todos estos trabajos se han realizado con el nuevo almacenamiento ya ubicado en el CPD, pero con los servidores que constituyen los nodos del clúster aún en su ubicación inicial.

Por tanto, se procede a parar completamente Oracle y se trasladan los equipos a su localización definitiva.

Se encienden los equipos, se modifica la configuración de red y se levanta de nuevo el clúster satisfactoriamente.

1.2.2.6. Comprobación de rendimiento y conectividad

Una vez finalizados los trabajos, se realiza un test de conectividad desde todos los equipos y servidores que necesitan acceder a la base de datos.

Se observa una sensible mejora del rendimiento de Oracle debido principalmente, a la velocidad de la nueva cabina de discos y a la implementación de ASM y FRA anteriormente mencionadas

1.3. Situación final

Queda instalado el nuevo clúster de Oracle en su nueva ubicación, en el Centro de Procesamiento de Datos de la Confederación Hidrográfica del Tajo.

Debido a la sensibilidad de los datos históricos, el CPD es un espacio más seguro puesto que cuenta con medios de extinción y una mejor climatización que la ubicación inicial. Los 3,6 TB de capacidad que ofrece la nueva cabina de discos, una vez implementadas las tecnologías ASM y FRA, quedan distribuidos de la siguiente manera:

- 1,2TB para DATAFILES (esta es la capacidad real de datos que tiene el nuevo sistema)
- 1,2TB para FRA (Fast Recovery Area). La usa el Sistema para el almacenamiento de las copias de seguridad, así como para la optimización de acceso a determinados datos que el sistema interpreta como prioritarios
- El resto del espacio queda disponible para ampliaciones futuras



De esta manera, el clúster de Oracle queda preparado para la futura implantación de Wiski en todas las estaciones del SAIH. Dispone de espacio suficiente para los datos históricos que se venían almacenando antes de la migración y para los nuevos datos que genere Wiski.

2. Modernización del cableado y equipamiento de comunicaciones de la Sala SAIH

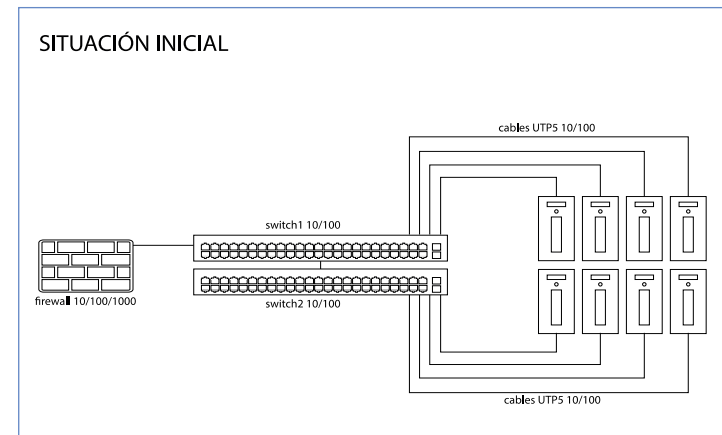
2.1. Antecedentes

En el SAIH existía un problema con las comunicaciones provocado fundamentalmente, por la limitación en la velocidad de conexión generada por los cables de red y los switch.

Aunque todos los servidores (SCADA, ORACLE, NAS, etc) estaban conectados entre sí y con la red CHT mediante conexiones de alta velocidad (fibra óptica y/o ethernet 10/100/1000) a través del firewall de la sala, los switch que daban conexión a los equipos de trabajo y los cables de red que iban por el suelo técnico de la sala SAIH (categoría 5), estaban limitados a conexión 10/100.

Por tanto, a pesar de que el sistema estaba preparado para la red 10/100/1000, los equipos tenían una conexión hasta 10 veces más lenta de la que podían alcanzar para el traspaso de información, tanto trabajando entre sí como en contra de los servidores.

A continuación, se ve un croquis de la situación inicial de las comunicaciones de sala:



El nuevo cableado que se ha instalado es Ethernet Categoría 6, que tiene capacidad no solo para la velocidad 10/100/1000 Mbps que es la actualmente más extendida en las interfaces de red, sino para capacidad 10 Gbps. De esta manera el tendido del cable, que es lo más complicado de cambiar, ha quedado preparado para una futura ampliación de velocidad que, en su caso, implicaría ya modificar hardware de Firewall, tarjetas de red de equipos, etc.

En la siguiente tabla se puede ver la comparativa entre los diferentes cables ethernet:

	Cat3	Cat5	Cat5e	Cat6
Tasa Máxima de datos (1 par trenzado)	10 Mbps	100 Mbps	1000 Mbps	10 Gbps
Frecuencia máxima	16 Mhz	100 Mhz	350 Mhz	250 Mhz
Distancia típica	100 m	100 m	100 m	100 m
Distancia máxima a la máxima velocidad de transferencia			50 m	55 m

2.2. Alcance de los trabajos

Para la mejora planteada ha sido necesario acometer los siguientes trabajos:

- Reemplazo del cableado actual (categoría UTP5) por uno de categoría UTP6 con un ancho de banda 10 veces mayor Full Duplex y menor pérdida en función de la distancia
- Reemplazo de los dos switch antiguos de 48 bocas por uno nuevo de 52 bocas (Cisco SG300-52) con tecnología 10/100/1000 y dos bocas de fibra para la conexión con el armario (Rack) donde se encuentran los servidores del Wiski, entre otros
- Testeo de los equipos con las nuevas conexiones y retirada de los cables y switchs antiguos, una vez comprobada la conectividad de los nuevos
- Reemplazo del armario de comunicaciones, actualmente abierto por todos sus lados por uno cerrado donde queda todo más organizado y seguro. Esto ha implicado mover todo el hardware de comunicaciones: routers, UTM, firewalls, switchs, etc.

Este cambio ha provocado cortes puntuales de comunicación durante el proceso.

2.2.1. Reemplazo del cableado

Aunque se preveía la utilización parcial de la canalización existente bajo el suelo técnico, aportando nuevos tramos de canalización de dos tipos diferentes, finalmente se hace una instalación totalmente independiente para posteriormente, retirar lo antiguo.

Por tanto, se hace la instalación de nuevo rejiband y se colocan los tramos que son necesarios a lo largo del suelo de la sala con una sección de 35x60.

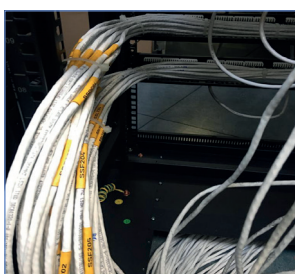
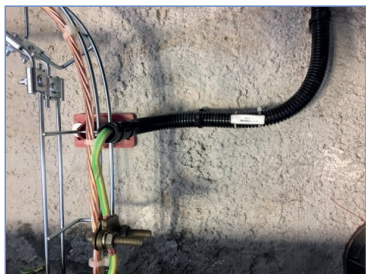
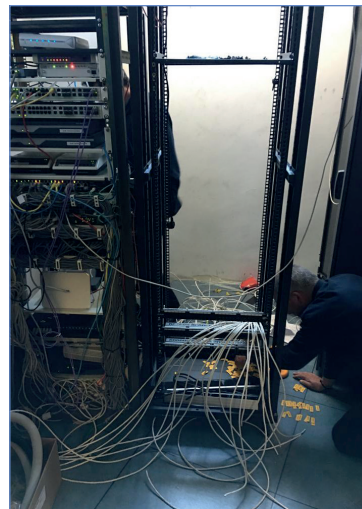
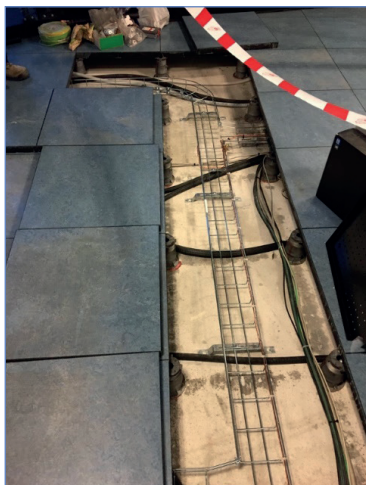
Aunque había lugares donde, por el elevado número de cables que discurren, era imposible una nueva distribución y se preveía ejecutar el tendido mediante tubo flexible (la entrada a la sala de Racks, donde hay muchos cables, o la distribución hacia el despacho, donde habría que cruzar otra canaleta existente, por ejemplo), finalmente se hace todo por un nuevo tendido con rejiband.

En primer lugar, se ejecuta el tendido de las canalizaciones de rejiband y a continuación, se lleva a cabo la distribución del cableado desde el rack hasta los diferentes puestos, identificando todos ellos en puntas y en su parte intermedia.

El cableado se conecta directamente, sin necesidad de conectores, a los patch panel y a las cajas de interconexión de los puestos, de forma que dentro del rack se tienden cables desde los patch panel hasta los switch y equipos y, en cada puesto, se tiende cableado desde las cajas de interconexión de los puestos hasta los propios equipos.

A continuación, se procede a la verificación de las conexiones y del correcto funcionamiento del cableado de puesto al patch panel.

Por último, se retira el rack y el cableado antiguo.



2.3. Reemplazo de los SWITCH

Inicialmente, había dos switch de 52 bocas que daban comunicación tanto a los equipos de la sala como al resto de los equipos SAIH que están repartidos por la Confederación Hidrográfica del Tajo.

Estos switch se sustituyen por uno de 52 bocas, modelo Cisco SG300-52.

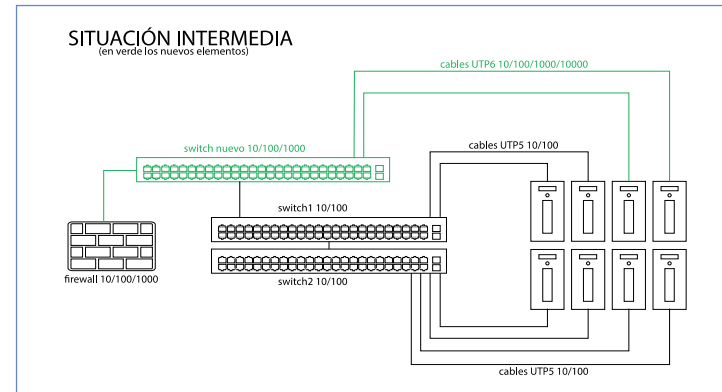


Con objeto de interrumpir la conexión de los equipos durante el menor tiempo posible, se interpone este nuevo switch entre el firewall y los switch iniciales, que actualmente están conectados directamente a aquel.

La idea inicial consistía en ir quitando la conexión de los equipos uno a uno de los switch actuales e ir conectándolos al switch nuevo con el cable ya cambiado, comprobando que está disponible todo el ancho de banda.

Finalmente, se hizo toda la instalación de cableado necesario (desde la zona del rack hasta los puestos) de forma que se quedaran tomas en ambos extremos (patch panel en la zona del rack y cajas de tomas en cada puesto). De esta forma, el cableado va independiente de los equipos que haya en cada puesto y/o en el propio rack.

A continuación, se puede ver un esquema de esta situación intermedia.



2.4. Testeo de las nuevas conexiones

Una vez que el cableado fue instalado (desde las tomas de los puestos hasta los patch panel del rack), todo ello con cableado UTP categoría 6, se llevaron a cabo pruebas de velocidad, esfuerzo y colisiones de la nueva instalación.

Estas pruebas también se han realizado después de conectar con el nuevo switch.

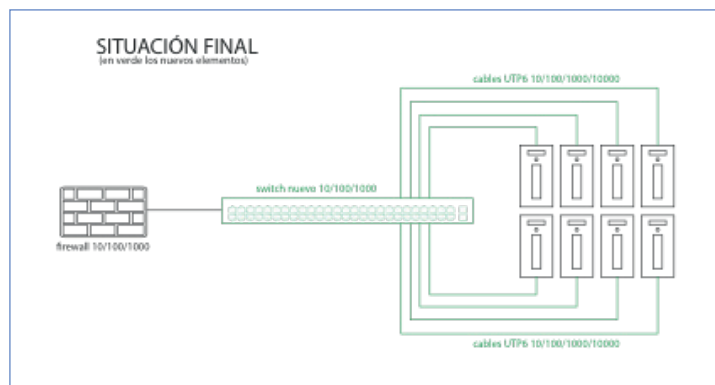
Una vez hechos todos los tests pertinentes, el resto de los equipos que quedaban conectados a los switch viejos (que eran los equipos SAIH del resto de la Confederación) se conectaron también al nuevo switch, aunque estos últimos no aprovechen la velocidad 10/100/1000 puesto que siguen limitados por el cable UTP categoría 5 existente.

Una vez comprobada la correcta conexión de todos los equipos de la red a través del nuevo switch, se procede a la desinstalación de los dos antiguos.

El esquema final, como se puede ver más abajo, es muy similar al inicial, pero con un sólo switch 10/100/1000 en



lugar de dos 10/100 y con los cables sustituidos por otros de mayor ancho de banda.



2.5. Sustitución del armario de comunicaciones

Se ha procedido a reemplazar el armario de comunicaciones antiguo por uno nuevo que está cerrado. Para ello se replanteó el emplazamiento de los elementos que iban

dentro del armario (routers de telefónica, UTRs, pasamuros de fibra, routers inalámbricos, switches y firewall) de manera más eficiente.

El armario elegido ha sido:

RACK genérico AD42-66 Armario 42U 600x600 19" de medidas 2055x600x600 con puerta trasera ciega y delantera de cristal que incluye ventilación, ruedas, patas y permite una carga máxima de 300 kg.

Una vez decidido el emplazamiento de los elementos se ha canalizado la intercomunicación entre ellos.

Posteriormente, se procedió a la desconexión de los equipos del armario viejo y su traslado al lugar elegido para ellos en el nuevo, uno a uno, fijándolos con los sistemas de sujeción previstos al efecto. Esto se hizo sin desconectar apenas el cableado externo, por lo que durante estos trabajos sólo se producen cortes puntuales de comunicación.

Una vez finalizado el trabajo de migración de los equipos al nuevo armario, se comprueba que todos los equipos funcionan correctamente en las condiciones previstas.

3. El viaje de los datos del SAIH

Para un SAIH, lo más fundamental son los datos hidrológicos que recopila y reúne de todos los puntos de control de la cuenca. Es fundamental cómo se captan, cómo se calculan en el propio lugar de captación, cómo se transmiten hasta el centro de control y se realizan los cálculos definitivos de las señales calculadas, cómo y dónde se almacenan estos datos y finalmente cómo se explotan y se presentan de cara a los diversos usos y necesidades de los diferentes usuarios cuyo trabajo depende de los mismos.

3.1. Tipos de datos a gestionar

A continuación, se definen distintos aspectos de los datos que llegan al SAIH:

¿Cuál es la naturaleza del dato?

- Hidrológicos: niveles, caudales, volúmenes, etc
- Meteorológicos: pluviometría, temperatura, presión atmosférica, etc

- Datos relacionados con el estado de los equipos e instalaciones: tensión de batería, estado de la alimentación eléctrica, del sistema de comunicaciones, etc

¿Analógico o digital?

La mayoría de los datos que se explotan son analógicos, es decir, pueden tener cualquier valor dentro del rango establecido para la señal sin limitaciones más allá de la precisión decimal previamente determinada.

En cambio, hay otros datos que son digitales o discretos por lo que solamente pueden tomar unos valores ya predeterminados. Por ejemplo, para una alarma de intrusismo podemos recibir la señal en on (encendido) o en off (apagado), el final de carrera de una compuerta puede estar abierta, cerrada o entreabierta, etc.

¿Señal medida directamente o calculada?

En algunos casos los datos que recibimos han sido tomados por un sensor que transmite su lectura directamente a la remota, a este tipo de señales las llamamos señales directas. Sirven como base para, en combinación con otras señales y/o funciones y tablas de cálculos predefinidos, darnos la posibilidad de calcular otros datos esenciales para el SAIH.

Un ejemplo muy habitual de esto es cuando partiendo de la señal de nivel (directa) y sabiendo donde está situado el sensor que nos lo facilita (cota de implantación), se calcula la cota de la lámina del agua (calculada).

Partiendo de esta cota (calculada) y de la señal de apertura de una compuerta (directa), aplicando una función de cálculo podemos hallar el caudal que está pasando por esa compuerta (calculada)

¿Con qué periodicidad se recibe?

La inmensa mayoría de los datos que se explotan en el SAIH, se reciben con una periodicidad de 15 minutos. Estos

datos son todos los meteorológicos y la gran mayoría de los hidrológicos que cada 15 minutos actualizan su valor. En cambio, hay otro tipo de datos que sólo se reciben cuando existe una modificación de su valor. Un ejemplo son las alarmas (de intrusismo, de fallo de alimentación) y los finales de carrera que indican si una compuerta está cerrada, entreabierta o abierta. Estas señales solo envían dato cuando su estado ha cambiado, es decir comunica la excepción.

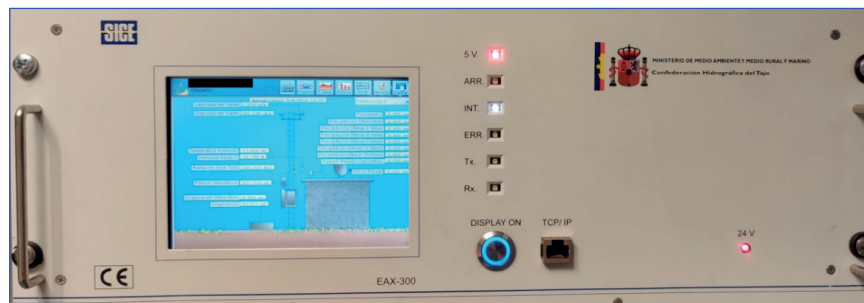
Obviamente esto obliga a que la comunicación con las estaciones remotas tenga que ser bidireccional. Mientras que los datos quinceminutales son requeridos desde los servidores del SAIH a todas estaciones de forma periódica, las estaciones tienen que ser capaces a su vez, de conectar de forma activa con los servidores para comunicar las alarmas y otras señales de excepción.

Existen muchas más particularidades en las que nos podríamos basar para clasificar los datos del SAIH, pero las anteriormente citadas son las más básicas.

3.2. Estaciones remotas

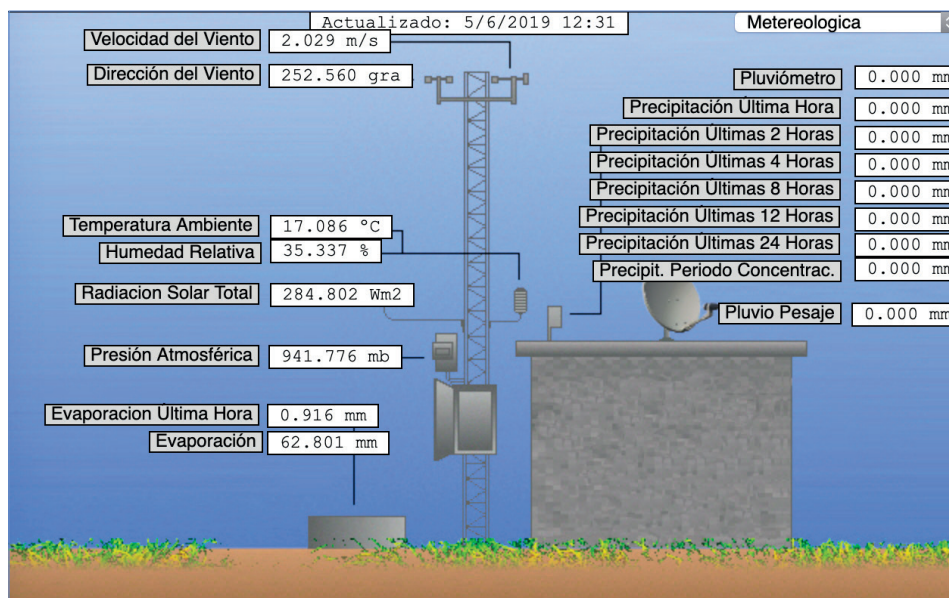
Los datos recogidos por los sensores son capturados en primer lugar por la estación remota situada en el punto de control. A la remota le llegan todas las señales directas recogidas por los sensores que se encuentran instalados en dicho punto, ya sea una estación de aforo, marco de control, pluviómetro, impulsión, etc.

El software de la remota conoce las señales que le van a llegar por las tarjetas digitales y analógicas y tiene programado un procesamiento para cada una de ellas. La tasa de refresco de las señales en la remota suele ser en la mayoría de los casos de 1000 milisegundos, por lo que la remota recibe una actualización de valor de todos los sensores cada segundo.



Remota SAIH

La remota tiene un almacenamiento de datos histórico quinceminutal que se contrasta en el corto plazo con lo recibido en el Scada del SAIH. El valor almacenado en este histórico local de la remota, dependerá de la configuración de la señal. En algunos casos se almacenará el último valor recibido mientras que en otros casos, la remota hace una media con todos los datos recibidos en los quince minutos y almacena esa media como valor de la señal directa.



Visualización de los datos en la remota

Todos los valores recogidos por la remota tienen asociado un registro de calidad que determina la fiabilidad del valor de la señal. En condiciones normales, la calidad es la máxima (100), pero este valor puede variar en función del estado del sensor, de si los datos recibidos durante los quince minutos de periodo han tenido picos o caídas repentinas o incluso de si los valores de esa señal son coherentes con otra señal con la que esté relacionada.

Como se indicaba en el apartado anterior, los datos de excepción y alarma sólo se almacenarán cuando haya un cambio de estado. En este caso la remota toma la iniciativa para comunicar al SCADA esta excepción.

3.3. Petición de datos por parte del SCADA

Cada quince minutos, el servidor SCADA del SAIH contacta con todas las estaciones, hace la petición de datos y deja

abierta la comunicación durante un tiempo determinado en el que todas las estaciones remotas deben enviar los datos quinceminutales capturados.

Esta comunicación trae solamente los datos de las señales directas, obviando las señales calculadas por la remota que únicamente se utilizan para la visualización in situ.

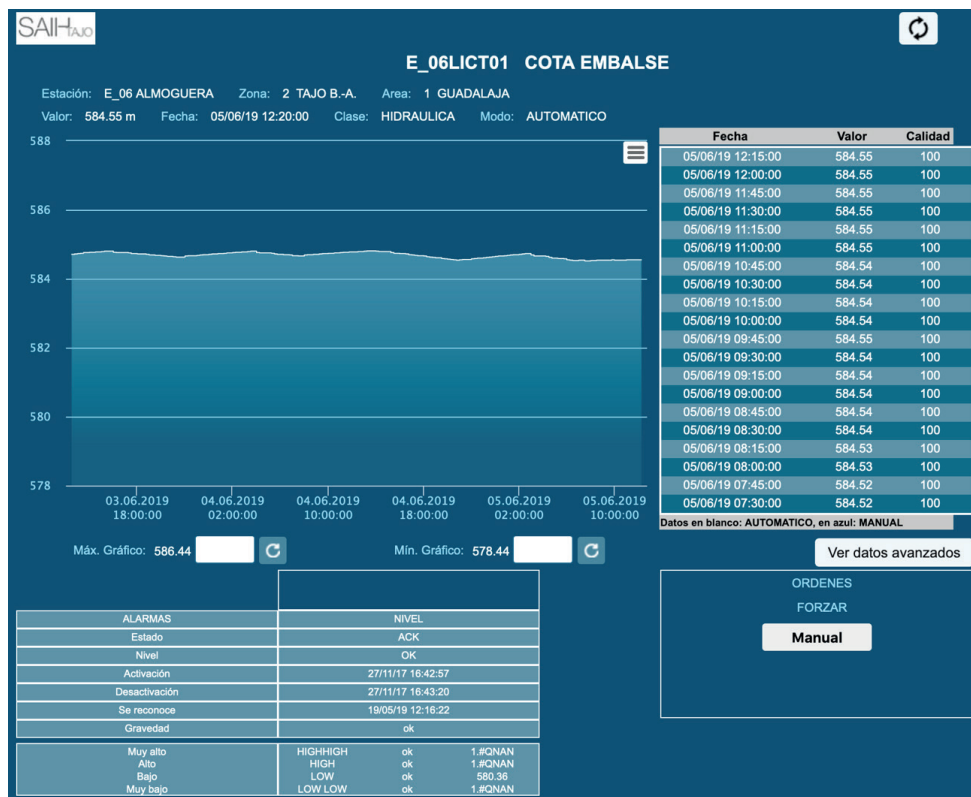
Una vez recibidos los datos de las señales directas correspondientes a la quinceminutal de la estación, el sistema pone en marcha la tarea de cálculo que generará los valores de las señales calculadas a partir de ésta.

Además de la calidad facilitada por la remota, el servidor SCADA puede alterar dicho valor en función de parámetros propios y ajenos a la estación en cuestión. Estas calidades también afectarán a las señales calculadas dependientes.

La aplicación SCADA es la que sirve los datos para su visualización en tiempo real por lo que se han desarrollado visores con el objetivo de mostrar los datos recibidos de la manera más cómoda e intuitiva.



Visualización de datos en el Scada en tiempo real



Visualización de datos en tiempo real en el Scada

Los datos recibidos en el SCADA se almacenan y se consolidan en su propia base de datos, junto con la calidad asociada. Permite almacenar registros durante 120 días aproximadamente.

3.4. Ruta de los datos

La comunicación de los datos se hace vía satélite mediante un sistema VSAT montado en cada una de las remotas. Todas estas comunicaciones confluyen en un centro de comunicaciones centralizado en la provincia de Guadalajara.

Desde este centro de comunicaciones hay una comunicación por cobre directa y redundante con la sala SAIH. Además, existe una tercera vía de comunicación mediante satélite por si la terrestre fallara.

En lo que a la seguridad respecta, todas estas comunicaciones se hacen al amparo de una VPN (Red privada virtual) tunelizada de uso exclusivo para el SAIH del Tajo, perfectamente controlada e inaccesible desde el exterior.

Los protocolos de comunicación empleados son igualmente seguros y propietarios.

3.5. Almacenamiento de datos históricos

Dado que la base de datos propia del sistema SCADA es volátil, se plantea la necesidad de crear un almacenamiento permanente para tener un histórico de los datos del SAIH.

El volcado de la base de datos histórica también se realiza de manera quinceminutal. Además, cada noche se realiza una nueva comprobación y se vuelve a realizar un volcado de las 72 horas anteriores. Esto se hace por si alguna remota no hubiera conseguido comunicar durante un periodo de tiempo. En caso de no hacerlo, el tiempo que hubiese estado sin comunicar quedaría vacío en la base de datos histórica.

Esta base de datos contiene los datos recibidos en bruto de las remotas y además permite realizar validaciones que se guardan en paralelo a los originales.

4. Estadísticas de la utilización de la web de escritorio del SAIH del Tajo

A continuación, se muestran los datos de uso de la Web del SAIH (versión de escritorio) durante el periodo definido desde Mayo de 2016 hasta Abril de 2019.

VISIÓN GENERAL

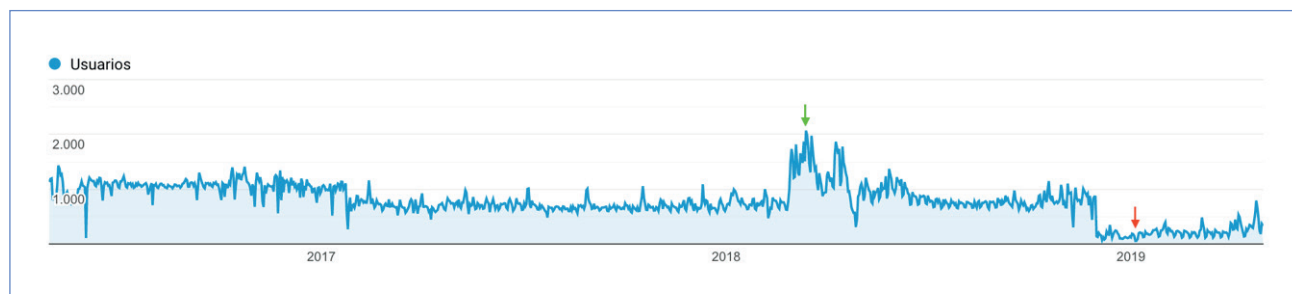
Durante el periodo de estudio de los tres últimos años, la web del SAIH ha tenido un total de 681.784 usuarios

activos. Estos usuarios han accedido a la web un total de 955.089 sesiones y han visitado 15.919.721 páginas en su navegación por ésta.

La media de tiempo de cada sesión es 2 minutos y el promedio de páginas visitadas es 16,67.



En el siguiente gráfico vemos el historial de usuarios activos durante dicho periodo.



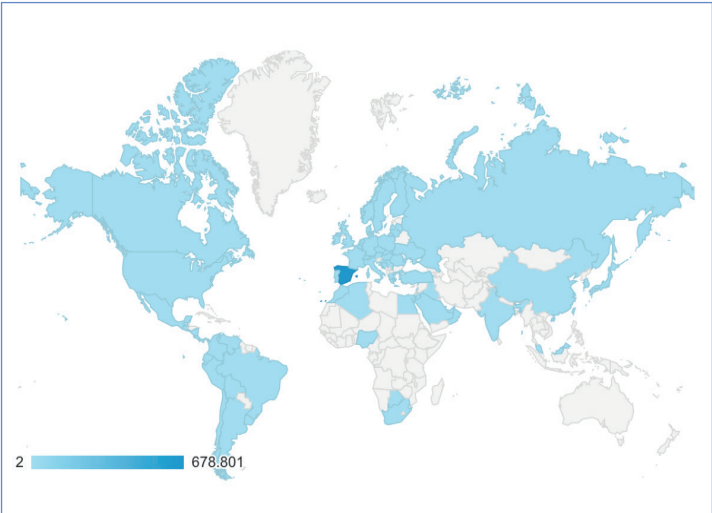
En el gráfico podemos ver un descenso más o menos acusado del número de visitas en favor de la versión para smartphones de la web. Este descenso se ve alterado de manera puntual por picos de consulta asociados a episodios de avenidas y/o sequía.

Podemos ver que el pico con menos usuarios (flecha roja) fue el cinco de enero de 2019, con solamente 55 usuarios. En cambio, el pico con mayor cantidad de visitas (flecha verde) fue el jueves 15 de marzo de 2018 con 1.993 visitas. Este día se corresponde con el último episodio de avenidas ocurrido en la cuenca.

DATOS DEMOGRÁFICOS

De todos los usuarios indicados anteriormente, la mayoría se ha conectado desde España, en concreto el 99,51% mientras que un 0,07 % se ha conectado desde el Reino Unido y casi el mismo porcentaje lo ha hecho desde Portugal.

Al analizar estos datos tenemos que tener en cuenta que lo que se muestra es la ubicación de la centralita que en última instancia da acceso a la Web del SAIH del Tajo; no es necesariamente la ubicación exacta del usuario que está accediendo. Cabe la posibilidad de que, si el usuario está utilizando algún tipo de VPN el sistema marque la visita como proveniente de cualquier lugar del mundo. Esto explicaría las visitas puntuales desde países completamente ajenos a la cuenca.



Pais	Usuarios	Usuarios	Contribución al total: Usuarios
	681.784 % del total: 100,00 % (681.784)	681.784 % del total: 100,00 % (681.784)	
1. Spain	678.801	99,51 %	
2. United Kingdom	446	0,07 %	
3. Portugal	434	0,06 %	
4. France	390	0,06 %	
5. (not set)	262	0,04 %	
6. United States	241	0,04 %	
7. Germany	208	0,03 %	
8. Ukraine	138	0,02 %	
9. South Korea	96	0,01 %	
10. Czechia	92	0,01 %	

Si nos fijamos en los accesos desde España, vemos que hay una concentración muy alta de conexiones desde Extremadura, en concreto de Cáceres desde donde se realizan más del 88% de las consultas. Le sigue Madrid con el 3.65% de consultas, Mérida con 1.84 %, Toledo con el 0.42 %, etc.



DATOS TÉCNICOS

En la siguiente tabla se pueden observar algunas características de los equipos desde los que los usuarios realizan las visitas a la Web del SAIH, por ejemplo, el navegador web utilizado y el sistema operativo.

El análisis de estos datos puede ser de gran ayuda a la hora de modificar el sitio Web con el fin de mejorar la experiencia de los usuarios optimizándolo para sus equipos.

En cuanto al sistema operativo que utilizan los usuarios de la web, se observa que la práctica totalidad utiliza Windows en sus distintas versiones.

El 1% que no accede desde alguna versión de Windows, lo hace en la misma proporción desde Android, Linux o desde un equipo de Apple con MacOS.

Sistema operativo	Usuarios	% Usuarios
1. Windows	673.968	98,94 %
2. Android	2.427	0,36 %
3. Linux	2.358	0,35 %
4. Macintosh	2.302	0,34 %
5. (not set)	75	0,01 %
6. Chrome OS	33	0,00 %
7. iOS	15	0,00 %
8. Tizen	6	0,00 %
9. SunOS	2	0,00 %

La versión de Windows más utilizada ha sido Windows 7 con un 95%, seguido de Windows 10 con un valor superior al 3%.

Respecto a los navegadores utilizados, el mayoritario es Mozilla Firefox que acapara un 92%. Le sigue Google Chrome con un 6% aproximadamente, seguido de dos navegadores de Microsoft (Internet Explorer y Edge), con valores inferiores al 2%.

Se puede observar tanto en el sistema operativo como en el navegador, como la herramienta de análisis arroja resultados de accesos desde Smartphones. Hay que aclarar que estos accesos se contabilizan sólo cuando

desde un dispositivo móvil o tableta se accede a la Web de escritorio del SAIH del Tajo. Se ha de tener en cuenta que, por defecto, cuando el acceso se realiza desde este tipo de dispositivos dicho acceso se redirige automáticamente a una web paralela que se diseñó para dispositivos móviles.

Esta Web para smartphones, aunque en esencia muestra los mismos datos, es en realidad un desarrollo completamente independiente. Debido a la naturaleza de dicho desarrollo y a las tecnologías utilizadas en él, no es posible incorporar para su análisis los datos de este sitio específico para móviles en este informe.

En el futuro se prevé actualizar la Web del SAIH primando la experiencia desde los dispositivos móviles y reemplazando alguna de las tecnologías que actualmente usa en beneficio de herramientas más modernas, rápidas y versátiles.

Navegador	Usuarios	% Usuarios
1. Firefox	630.468	92,03 %
2. Chrome	39.823	5,81 %
3. Internet Explorer	9.821	1,43 %
4. Edge	2.916	0,43 %
5. Safari	1.134	0,17 %
6. Opera	480	0,07 %
7. Android Browser	151	0,02 %
8. Samsung Internet	94	0,01 %
9. Android Webview	84	0,01 %
10. Mozilla Compatible Agent	65	0,01 %

Versión del sistema operativo ?	Adquisición
	Usuarios ? ↓
	673.968 % del total: 98,85 % (681.784)
1. 7	643.154 (95,13 %)
2. 10	22.982 (3,40 %)
3. XP	4.303 (0,64 %)
4. 8.1	4.259 (0,63 %)
5. Vista	719 (0,11 %)
6. 8	589 (0,09 %)
7. Server 2003	34 (0,01 %)
8. 2000	23 (0,00 %)
9. (not set)	2 (0,00 %)
10. NT	2 (0,00 %)



5. Integración de subaplicaciones web para visualización de datos del Tajo medio y de riegos

Se han creado dos nuevas aplicaciones que se integran dentro del visualizador Web del SCADA (Process Explorer), para agilizar la observación de los datos agrupándolos de una manera más eficiente. El objetivo es que todos los datos básicos para la gestión, tanto del Eje medio del Tajo como de los Riegos, queden a uno o dos clics de distancia y de un vistazo.

Así se consigue evitar la complicada tarea de ir navegando, estación a estación, recopilando los datos necesarios para la planificación y gestión de estas zonas.

Estas aplicaciones son las siguientes:

- CONTROL EJE MEDIO TAJO
- RIEGOS

El acceso se encuentra integrado dentro del menú principal del nuevo visualizador Web del SCADA del SAIH del Tajo (Process Explorer) como se ve en la siguiente imagen.



Acceso a las nuevas aplicaciones desde el menú principal

5.1. Control eje medio del Tajo

Esta aplicación permite que desde la pantalla inicial se pueda visualizar en tiempo real los caudales de las estaciones SAIH más relevantes del eje medio del Tajo. También posibilita acceder a la pantalla de detalle de cualquiera de las estaciones seleccionadas.

En la siguiente ilustración se pueden ver, en amarillo, los enlaces a las estaciones y en blanco el valor actual de caudal circulante en m^3/s .

En la parte de abajo se observan cuatro botones/enlaces que nos redirigen a zonas más concretas:

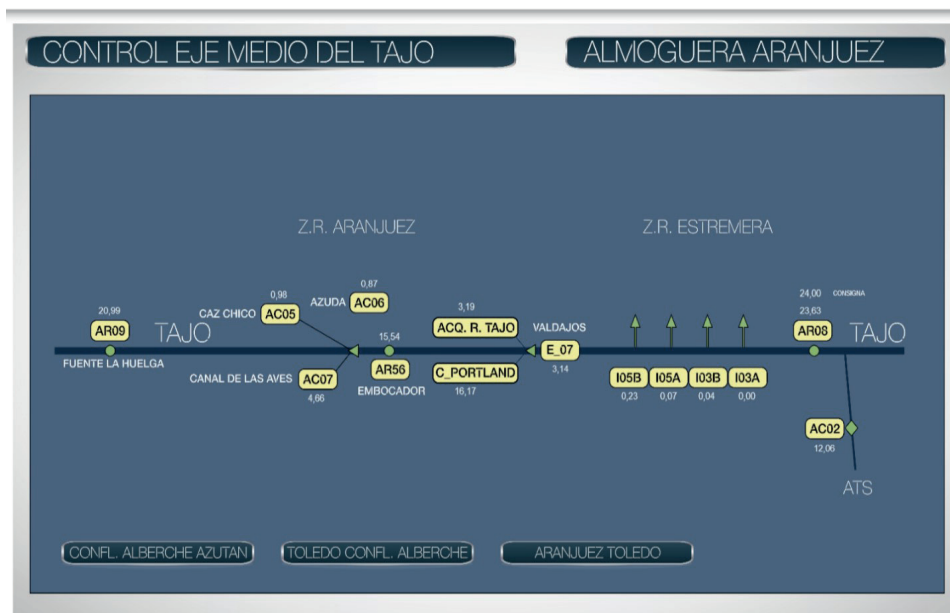
- Confluencia Alberche Azután
- Toledo confluencia con Alberche
- Aranjuez-Toledo
- Almodovar-Aranjuez



Pantalla inicial de la Aplicación de Control del Eje Medio del Tajo



En esta pantalla de detalle podemos ver la misma información (caudal y enlace a la estación) pero con algún valor adicional. También vemos más detalles como los nombres de las estaciones de medición, datos geográficos, etc.



Pantalla más detallada

5.2. Control de riegos

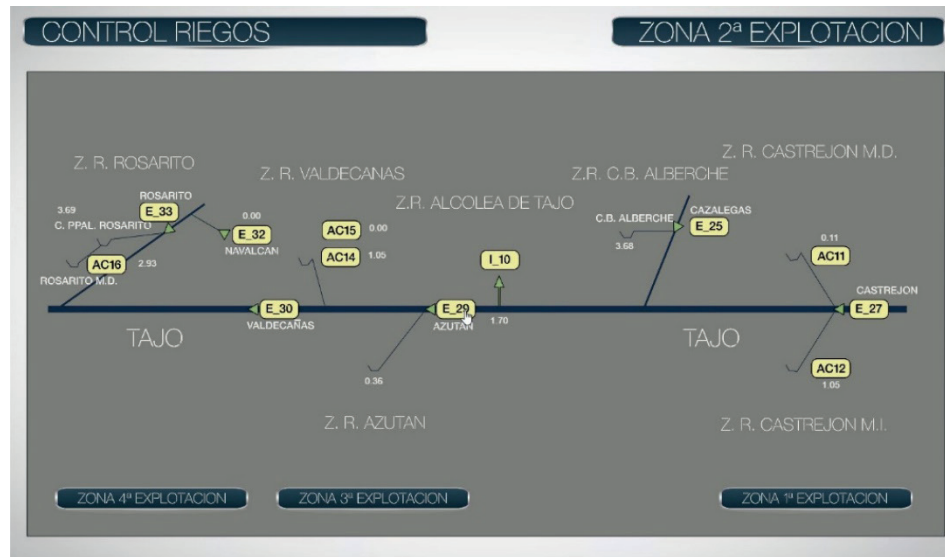
Esta segunda aplicación surge de la necesidad de agilizar la visualización, en unas pocas pantallas temáticas, de todos los caudales de las estaciones implicadas en temporada de riegos. El funcionamiento es muy parecido al caso del eje medio del Tajo.

Por cuestiones de legibilidad no se ha realizado una pantalla que incluya todos los datos de la cuenca, sino que se han creado cuatro pantallas para cada una de las zonas de explotación.



Pantalla visualización Zona 1ª Explotación

En ambas aplicaciones cuando se selecciona alguna de las etiquetas amarillas, se accede a la pantalla de control del elemento elegido. Es la misma pantalla a la que accederíamos navegando por la aplicación completa, pero de esta manera el acceso es mucho más directo e intuitivo.

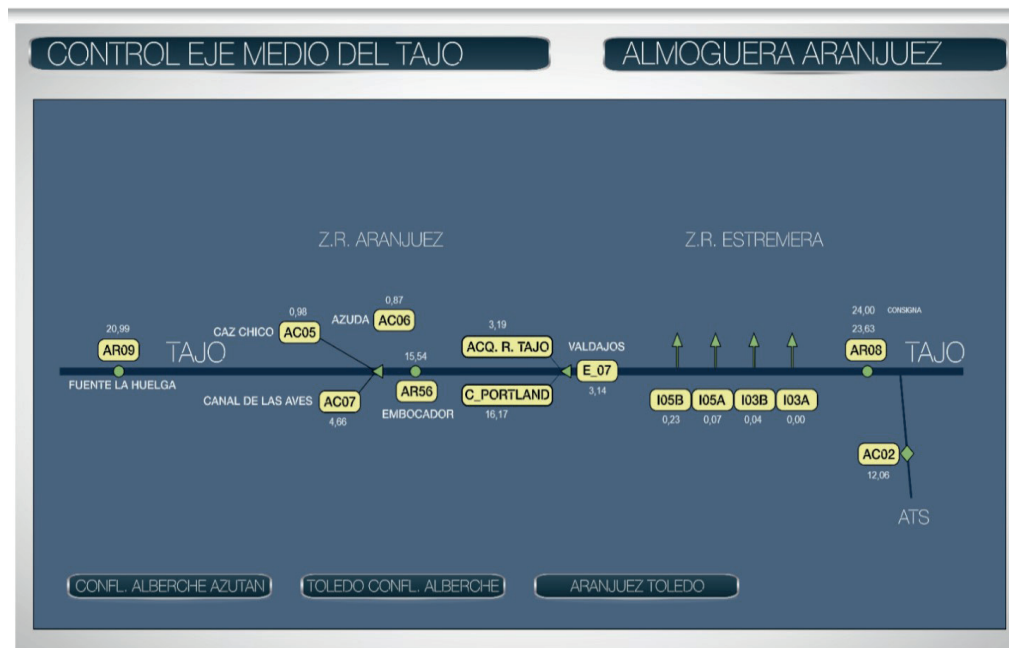


The screenshot displays the E_29 - AZUTAN control interface. At the top, there are navigation buttons for 'E_29 - AZUTAN', 'Tajo Izquierda', and 'Planta', 'Alzado', and 'Avenidas'. The main area shows a map of the Tajo River and surrounding infrastructure. Key features include:

- Top Left:** A box titled 'Periodo de balanceo 1 hora' showing data for Q. Entrada (23.59 m³/s), Nivel (353.29 m), Volumen (80.94 km³), Superficie (1021.99 Ha), and Q. Entrada 24 horas (16.13 m³/s).
- Top Center:** A label 'Río TAJO' and three buttons labeled 'AR24', 'AR27', and 'AR71'.
- Map Area:** Various monitoring points are marked with icons and data readouts. For example, 'Desagüe de Fondo' shows 0.00 m and 0.00 m³/s. 'Toma de riego' shows 0.36 m³/s. 'Cajal de diámetro' shows 0.00 m and 0.00 m³/s.
- Bottom Left:** A 'Periodo' dropdown set to 'Instantáneo' with a table showing 0.0 for 1h and 24 hours. Below it are buttons for 'E' and 'C'.
- Bottom Center:** A 'Cuadro de protección y medición' table showing data for Q. Aliviaderos (0.00 m³/s), Q. Desagüe de Fondo (0.00 m³/s), Q. Riego (0.36 m³/s), Q. Turbinado (0.00 m³/s), Q. Filtración (0.00 m³/s), Q. Evaporación (0.00 m³/s), and Q. Salida (0.36 m³/s).
- Bottom Right:** A table titled 'Ondas y Picos característicos' with columns T, Q (m³/s), and P (mm). It lists values for T=2, 5, 10, 25, 100, and 500.
- Bottom Center:** A 'Periodo' dropdown set to 'Instantáneo' with a table showing 0.0 for 1h and 24 hours. Below it are buttons for 'E' and 'C'.
- Bottom Left:** A legend for 'Alarma Grave', 'Alarma Leve', 'Normal', 'Manual', and 'Mala Calidad'.
- Bottom Center:** A 'Cuadro de protección y medición' table showing data for Q. Aliviaderos (0.00 m³/s), Q. Desagüe de Fondo (0.00 m³/s), Q. Riego (0.36 m³/s), Q. Turbinado (0.00 m³/s), Q. Filtración (0.00 m³/s), Q. Evaporación (0.00 m³/s), and Q. Salida (0.36 m³/s).
- Bottom Right:** A table titled 'Ondas y Picos característicos' with columns T, Q (m³/s), and P (mm). It lists values for T=2, 5, 10, 25, 100, and 500.

148

Del mismo modo, cuando se hace clic en el valor de caudal mostrado en la pantalla se accede a la ventana de detalle de la señal seleccionada.



Acceso al detalle del caudal

Al igual que en el caso de la estación, la pantalla de detalle de la señal a la que accedemos es la misma que se mostraría si navegáramos por la aplicación principal, pero de esta manera es mucho más directo y simple.

En esta pantalla de detalle se pueden ver los valores quinceminutales de las últimas 48 horas en una tabla, así como la gráfica de tendencia de la señal seleccionada para el mismo periodo.



En la siguiente gráfica se representan los datos de caudal a nivel quinceminutal.



Gráfica del caudal quinceminutal del AC07 (Canal de las Aves)

5.3. Caudales ecológicos

Además de las dos aplicaciones descritas, se ha implementado una pantalla específica para la visualización rápida de los puntos de control de caudales ecológicos.

El objetivo es, al igual que en los otros dos casos, facilitar la observación de todos los datos necesarios para la gestión de estos caudales de un simple vistazo y sin necesidad de estar buscando los datos uno a uno mediante la navegación estándar.

Caudales Ecológicos.							
NOMBRE	CÓDIGO	DATO ACTUAL (m³ /s)	MEDIA DESDE LAS 00:15 h (m³ /s)	CAUDALES ECOLÓGICOS			
				OCT-DIC	ENE-MAR	ABR-JUN	JUL-SEP
Alagón a.abajo Valdeobispo				2,91	2,75	1,32	0,4
Alberche en Cazalegas	AR65	1.47	***	1,44	1,28	1,16	0,93
Árrago en Huélaga	AR46	0.52	***	0,35	0,52	0,27	0,15
Emblase de Alcorlo	E_09	0.81	***	0,17	0,22	0,27	0,14
Embalse de Pálmaces	E_08	1.12	***	0,07	0,08	0,11	0,07
Cuervo a.abajo la Tosca				0,36	0,46	0,41	0,28
Embalse Molino Chíncha				0,79	0,97	0,88	0,62
Embalse de El Vado	E_13	0.60	***	0,4	0,52	0,57	0,32
Embalse de El Jerte	E_40	3.12	***	1,07	0,96	0,91	0,5
Embalse de El Atazar	E_14	1.17	***	0,82	0,9	1,12	0,52
Embalse de Santillana	E_15	0.61	***	0,46	0,51	0,57	0,23
Manzanares en Parque Sindical	MC03	0.88	***	0,82	0,93	0,97	0,49
Embalse de Rivera de Gata	E_43	0.60	***	0,27	0,24	0,12	0,08
Embalse de Beleña	E_11	0.63	***	0,53	0,68	0,41	0,41
Embalse de la Tajera	E_12	0.41	***	0,36	0,36	0,36	0,36
Tietar a.abajo Rosarito				0,85	1	0,54	0,35

NOMBRE	CÓDIGO	DATO ACTUAL (m³ /s)	MEDIA DESDE LAS 00:15 h (m³ /s)	CAUDALES MÍNIMOS			
				OCT-DIC	ENE-MAR	ABR-JUN	JUL-SEP
Tajo en Azud Fuente la Huelga	AR09	11.13	11.19	6	6	6	6
Tajo en Hígaras	AR10	17.20	15.14	10	10	10	10
Tajo en Toledo - Casa Diamantista	AR66	18.11	***	10	10	10	10
Tajo en Talavera - Las Vistillas	AR71	12.89	16.25	10	10	10	10

Pantalla con el resumen de los caudales ecológicos

En esta pantalla podemos ver en la parte izquierda los datos en tiempo real y, en su caso, las medias acumuladas durante el día. En la parte derecha lo que vemos es una tabla resumen de los mínimos marcados para cada uno de los puntos en función de la época del año.

Se ha aprovechado la flexibilidad del nuevo visor web del SCADA para facilitar y hacer más cómodo el acceso a datos de uso muy frecuente, lo que contribuirá a la mejora de la explotación y gestión de estos puntos tan importantes.



6. Virtualización de equipos desactualizados pero necesarios

6.1. Objetivo de la actuación

Entre los equipos que realizan tareas dentro de los sistemas del SAIH, hay algunos que por diversas causas no se pueden actualizar a sistemas operativos más modernos. El motivo es porque funcionan con un software antiguo incapaz de correr en un sistema más reciente. Estas máquinas antiguas eran las originarias del SAIH, se tratan de equipos que son necesarios para su correcto funcionamiento. Por tanto, era previsible cualquier fallo de hardware en algún momento próximo.

Debido a esto, se decide poner en marcha un proceso para la virtualización de los equipos más antiguos y susceptibles de fallar que se encuentran en funcionamiento en la Sala SAIH del Tajo. El destino de estas máquinas es en un entorno de virtualización clusterizado que garantice la alta disponibilidad de éstas.

La virtualización de estos equipos ofrece las siguientes ventajas:

- Prevenir fallos de hardware en equipos que ya tienen bastante tiempo de uso y cuya solución sería lenta y trabajosa
- Ajustar los recursos necesarios para las máquinas (disco duro, memoria, interfaces de red, etc) de forma dinámica, sin necesidad de reiniciar la máquina virtual en muchos casos
- Gestionar las máquinas de una forma centralizada desde la interfaz del entorno de virtualización
- Escalabilidad del sistema de virtualización permitiendo futuras migraciones o creaciones de nuevas máquinas virtuales de forma rápida y sencilla
- Portabilidad de las máquinas virtuales a cualquier otro sistema de virtualización que se pueda llegar a implementar en el futuro
- Recuperación rápida en caso de fallo. Al disponer de copias de las máquinas (snapshots) de estados anteriores, es tan sencillo como volver a dicho estado con la máquina plenamente operativa de nuevo
- Aislamiento de las tareas. Al no tratarse de hardware físico, es más sencillo dividir los servicios en varios independientes, cada uno en su máquina, en vez de que corran todos en una sola máquina física. De esta manera encapsulamos y aislamos las tareas evitando que un error en cualquiera de ellas pueda arrastrar a las demás.

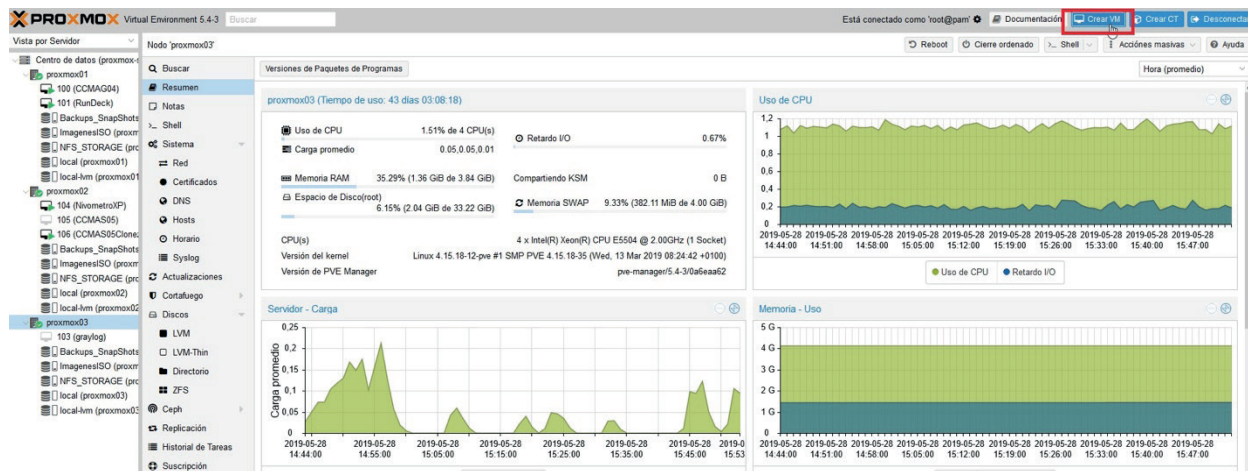
La clusterización del entorno de virtualización también ofrece ventajas:

- Balanceo que permite aprovechar mucho mejor los recursos de los servidores físicos
- Seguridad de que, ante el fallo de cualquiera de los nodos, al tener un almacenamiento común, cualquiera de los otros nodos es capaz de hacerse cargo de las máquinas virtuales afectadas
- Alta disponibilidad. Al tratarse de dos o más máquinas se puede acceder al clúster de virtualización, y por tanto a la gestión de todas las máquinas virtuales, desde cualquiera de ellas

6.2. Alcance de los trabajos

Como mantenimiento preventivo, se propone virtualizar los equipos más antiguos que actualmente hay en la Sala, puesto que alguno ya ha dado problemas técnicos y es previsible que, dada su vida útil, el resto pueda empezar a darlos en un futuro cercano.

Para ello se crea un entorno de virtualización con el software Proxmox (con licencia pública). Se ha configurado un clúster que incluye en estos momentos dos nodos.



Creación de una máquina virtual (inicio)



Crear: Máquina Virtual

General **SO** Sistema Disco Duro CPU Memoria Red Confirmar

☒ Usar imagen de disco (ISO) de CD/DVD : Sistema operativa guest:

Almacenamiento: NFS_STORAGE Tipo: Microsoft Windows

Imagen ISO:

Nombre ↑	Tipo	Avail	Capaci...
ImagenesISO	nfs	2.98 TiB	3.57 TiB
NFS_STORAGE	nfs	2.98 TiB	3.57 TiB
local	dir	29.46 GiB	33.22 GiB

☐ Usar lector físico
☐ No usar ningún disco

Avanzado ☒ Atrás Siguiente

Creación de una máquina virtual (sistema operativo invitado)

Crear: Máquina Virtual

General SO Sistema Disco Duro CPU **Memoria** Red Confirmar

Memoria (MiB): 512

Mínimo de memoria (MiB): 512

Compartiendo: Por defecto (1000)

Dispositivo Ballooning: ☒

Ayuda Avanzado ☒ Atrás Siguiente

Creación de una máquina virtual (Memoria RAM)

Crear: Máquina Virtual

General

SO

Sistema

Disco Duro

CPU

Memoria

Red

Confirmar

☐ Sin dispositivo de red

Puente:vmbr0

Etiqueta VLAN:no VLAN

Cortafuego:☒

Desconectar:☐

Modelo:Intel E1000

Dirección MAC:

Tasa límite (MB/s):

Multiqueue:

Ayuda

Avanzado☒

Atrás

Siguiente

Creación de una máquina virtual (Interfaz de red)

Crear: Máquina Virtual

General

SO

Sistema

Disco Duro

CPU

Memoria

Red

Confirmar

Key ↑	Value
cores	2
ide0	NFS_STORAGE:32,format=qcow2
ide2	NFS_STORAGE:iso/clonezilla-live-20190108-cosmic-i386.iso,media=cdrom
memory	512
name	Prueba
net0	e1000,bridge=vmbr0,firewall=1
nodename	proxmox03
numa	0
ostype	win10
scsihw	virtio-scsi-pci
sockets	1
vmid	102

☐ Start after created

Avanzado☒

Atrás

Finalizar

Creación de una máquina virtual (Resumen)



Además de estos dos nodos, se va a proceder a instalar como medio de almacenamiento del clúster, una unidad NAS que guardará las máquinas virtuales y sus snapshots periódicos.

El entorno de virtualización permite la escalabilidad a futuro incluyendo nuevos nodos que le pueden dar más memoria y capacidad de proceso a medida que crezcan las necesidades.

6.2.1. Equipos Migrados

Se realiza un estudio de los equipos que están más deteriorados y que presentan mayor necesidad de ser cambiados. Finalmente, se decide migrar los siguientes:

- Servidor Web de la Intranet y aplicaciones Web internas (Windows 2003 server)

Es el servidor que actualmente aloja la Intranet y la base de datos Oracle de dicha Intranet. Recibe los datos del SCADA, los muestra en la Intranet y a su vez los traslada a la Base de Datos de la Web del SAIH.

Además, también sirve otras aplicaciones web para la configuración de la Remota y del SCADA. Otra tarea que realiza, es ejecutar algunas tareas programadas que están en proceso de migración a otros servidores.

- Equipo de recogida de datos de los nivómetros (Windows XP)

Se encarga de la comunicación con los nivómetros de la cuenca a través de la aplicación Hydras. Los datos recibidos son tratados por un programa bastante antiguo, que permite obtener otros valores, como por ejemplo, la equivalencia en agua de la nieve acumulada. El inconveniente es que este software no funciona con un sistema operativo posterior a Windows XP.

Posteriormente el equipo traslada los datos al SCADA para su visualización y posterior almacenamiento.

- Servidor Aplicación y Web de Caudales Ecológicos (Windows 2003 server)

En él se aloja la aplicación web interna de Caudales Ecológicos. Aparte de mostrar la propia web para la visualización de los datos, se encarga también de la generación de los ficheros de intercambio con los datos de Caudales Ecológicos. También se encarga de enviar correos con las alertas necesarias cuando los caudales se encuentran por debajo de los márgenes establecidos o cuando hay incumplimiento.

- Servidor Ficheros en intercambio (Linux)

En esta máquina se está unificando todo el flujo de ficheros necesarios para el correcto funcionamiento del SAIH, tanto a nivel interno entre nuestros equipos y servidores como para el intercambio de ficheros con el exterior.

En él se está descargando mucho del trabajo que hasta ahora se encontraba disperso en varios equipos. Se está realizando sobre una aplicación de software libre (Rundeck) que permite la gestión y el análisis detallado de todas las tareas programadas en este servidor. Permite también la ejecución de tareas en otros nodos, dando así la posibilidad de repartir la carga de trabajo entre varios equipos sin perder el control centralizado de todas las tareas.

- Servidor Syslog (Linux)

Este servidor se está implementando para almacenar los logs (de momento del Firewall) y así poder conservar periodos mayores que los que conservan los equipos cliente.

En el caso de Firewall la memoria interna de equipo solo almacena 8GB y borra los logs anteriores a los siete últimos días. Con este servidor se podría almacenar el periodo que se quiera, estableciendo incluso periodos mayores para las alertas y errores.

Aunque en principio el equipo se plantea por la necesidad de conservar los logs del firewall, también se puede utilizar para almacenar logs de cualquier otro equipo o servicio.

- Equipo de configuración de estaciones Remotas SAIH (Linux)

Es un equipo antiguo con Ubuntu, que se utiliza habitualmente para enviar los ficheros de configuración a las remotas y comprobar las comunicaciones con las

mismas. Se virtualiza este equipo con una versión más nueva de Linux para, de esta manera, posibilitar la gestión y configuración de las remotas sin necesidad de estar físicamente delante del equipo.

Una vez virtualizados todos estos sistemas, se podrá acceder a ellos a través del escritorio remoto de Windows o utilizando VNC. También se podrán iniciar o parar desde un servicio centralizado, así como vigilar el rendimiento.

Log de cluster

Hora de inicio	Hora final	Nodo	Nombre de Usuario	Descripción	Estado
May 28 16:11:09	May 28 16:11:16	proxmox01	root@pam	VM/CT 100 - Consola	OK
May 28 16:11:09	May 28 16:11:09	proxmox01	root@pam	VM/CT 104 - Consola	OK
May 28 15:47:55	May 28 15:47:57	proxmox01	root@pam	Shell	OK
May 28 08:31:19	May 28 08:32:09	proxmox01	root@pam	VM/CT 101 - Consola	OK

Vista de consola de una máquina virtual

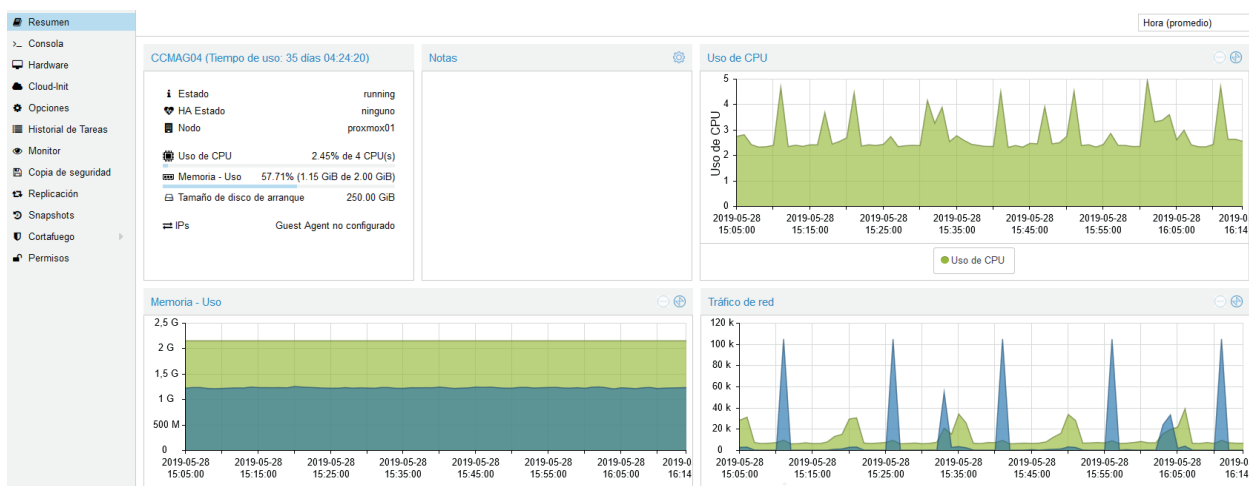


6.2.2. Equipos Anfitrión (Host)

Se crea un clúster de virtualización con el software de licencia libre Proxmox. Este software permite crear un entorno de virtualización con varios nodos que pueden alojar máquinas virtuales con un almacenamiento común. Así podrá realizar la basculación de dichas máquinas entre los distintos nodos en función de los recursos y/o disponibilidad de dichos nodos.

En estos momentos el clúster consta de dos nodos que son los servidores siguientes:

- Nodo Proxmox01
Proliant DL380 G5 Intel Xeon E5440@2.83Ghz (8 núcleos)
8 Gb de RAM
- Nodo Proxmox02
Proliant DL380 G5 Intel Xeon E5440@2.83Ghz (8 núcleos)
5 Gb de RAM



Monitorización de recursos MV

El almacenamiento común para el clúster consiste en una unidad de red (NAS) de la marca QNAP de cuatro bahías en los que se han instalado dos discos de 4TB en RAID1.

Esto deja una capacidad de 4G para almacenar tanto las máquinas virtuales como los Snapshots de seguridad. El hecho de tener aún dos bahías libres en este equipo, nos abre la posibilidad de llegar a triplicar la capacidad del mismo si surgiera la necesidad en el futuro.

Para aprovechar perfectamente las ventajas de la cluserización, el espacio de almacenamiento que aloja las máquinas es compartido entre todos los nodos del clúster.

De esta forma es posible que, si uno de los nodos falla, los nodos restantes tomen el control de la máquina virtual. Así se minimiza o incluso se anula el tiempo de indisponibilidad del servicio ante este tipo de fallos.

También es posible balancear, manual o automáticamente, los recursos entre los nodos existentes en el clúster y optimizar su rendimiento.

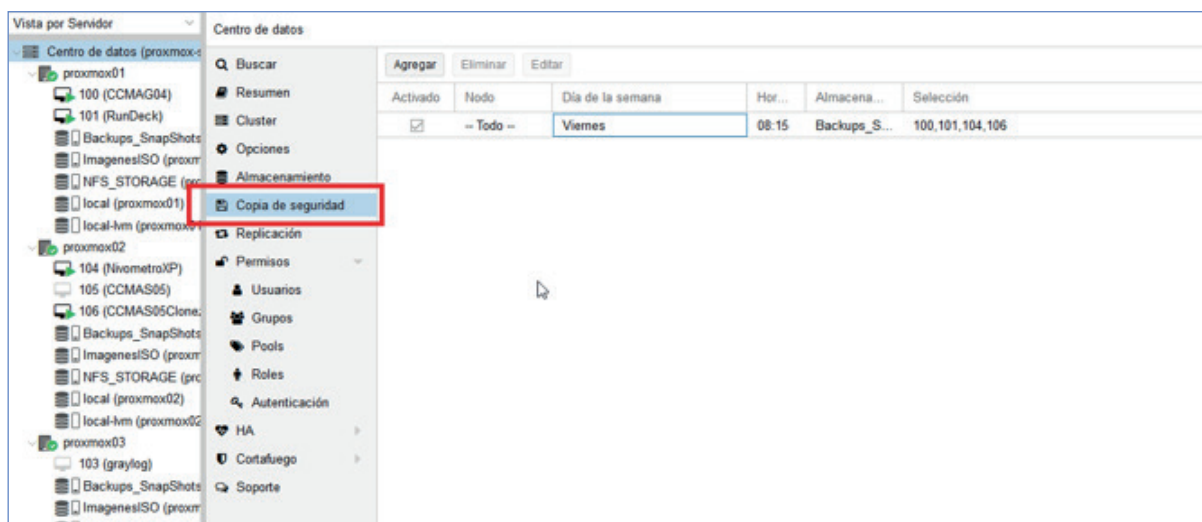
Como almacenamiento común para todo el clúster, se utiliza una unidad NAS de la marca QNAP de cuatro bahías. Se van a utilizar, de momento, solamente dos de esas bahías con un disco de 4TB en cada una. Por lo que una vez montado el RAID para redundancia, quedarán 4TB disponibles para alojar máquinas virtuales.

Puesto que la mayoría de las máquinas virtuales que nos ocupan son equipos viejos, que no necesitan muchos recur-

sos ni espacio en disco, se trata de un almacenamiento más que suficiente a medio plazo para alojar las propias máquinas, así como los snapshots de las mismas que se determine guardar por seguridad.

Los snapshots son “fotografías fijas” del estado de las máquinas virtuales en un momento tiempo determinado, por lo que constituyen una copia de seguridad completa del sistema.

Esto permite que, ante el fallo de cualquier máquina virtual, siempre sea posible revertir el estado de dicha máquina a su último snapshot funcional.



Automatización de copias de seguridad (Snapshots)

El entorno de virtualización utilizado (Proxmox), permite la automatización de la generación de estos snapshots que quedan guardados en el almacenamiento compartido del clúster. También se puede programar el borrado de snapshots antiguos y decidir cuántos se quieren conservar. Todo esto se puede establecer para el conjunto de todas las máquinas virtuales o particularizar los parámetros para cada una de ellas.



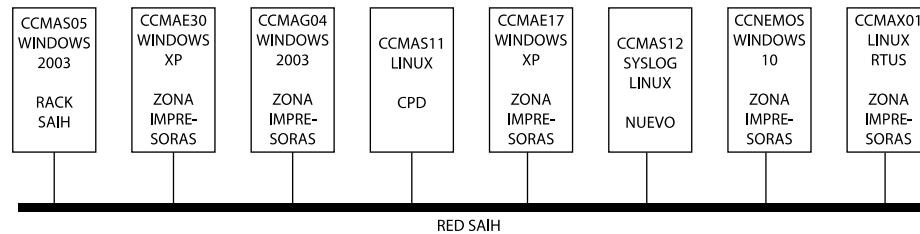
6.3. Avance de los trabajos

Actualmente, las máquinas virtuales anteriormente mencionadas, se encuentran ya operativas funcionando en el clúster.

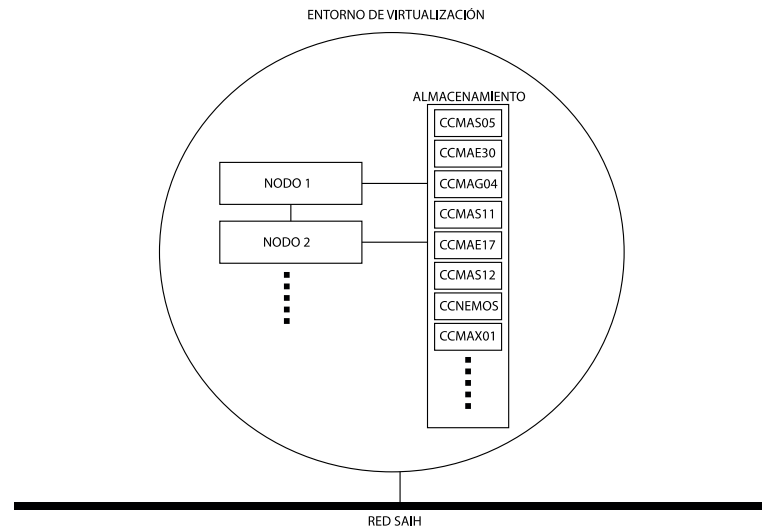
Una de las ventajas de este sistema es la escalabilidad que tiene, puesto que según vaya surgiendo la necesidad o conveniencia de virtualizar nuevos equipos, se pueden ir añadiendo nodos al clúster y aumentar la capacidad de la NAS de almacenamiento al montar nuevos discos.

6.4. Esquemas

Estado inicial:



Estado final:





SAIH_TAJO

