



## CONTROL HIDROLÓGICO EN VERTEDEROS DE RESIDUOS. ELEMENTOS Y APLICACIONES

- VERSOS, noviembre de 2016

- [iarrizabalaga@telur.es](mailto:iarrizabalaga@telur.es)



- ✓ Finalidad
- ✓ Variables a controlar
- ✓ Elementos empleados. Evolución
- ✓ Conclusiones

- ✓ El vertedero y su cuenca vertiente constituye una microcuenca con un funcionamiento que puede ser extraordinariamente complejo, especialmente en el caso de las aguas subterráneas
- ✓ Una parte fundamental de los costes de ejecución de una celda de vertido están relacionados, de una u otra manera, con la hidrogeología del vertedero.
- ✓ Condiciona:
  - Generación de lixiviados.
    - ❖ Controlados: gestión y depuración.
    - ❖ Incontrolados: afecciones y riesgos ambientales.
  - Condiciones geotécnicas del vertedero.
  - Degradación del RSU.
  - Proceso de desgasificación.
  - Afecciones a materiales y secuencias impermeabilización/sellado: colmatación de drenajes, degradación de materiales de sellado,...
- ✓ El control hidrológico es la herramienta básica de verificación del funcionamiento hidrogeológico del vertedero. Permite evaluar la eficiencia de la instalación, detecta los problemas en una fase temprana y es la base del programa de vigilancia ambiental.

- Los sistemas de control hidrológico deben aportar una información con la calidad suficiente para la elaboración de los estudios hidrológicos que se puedan requerir y, especialmente, para la realización de los balances hídricos anuales.
- Registro de las variables críticas con un sistema automático con la fiabilidad, resolución y precisión necesarias para el fin propuesto. *Junk in-junk out.*
- Diseño, ejecución y explotación de las instalaciones de medición adecuadas.
- Mantenimiento de los equipos de medición con calibraciones periódicas.
- Volcado de la información registrada:
  - Quincenal/Mensual coincidiendo con las operaciones de mantenimiento y calibración
  - Tiempo real o real bajo demanda
- Tratamiento de las series registradas en la primera quincena posterior al volcado.
  - Filtrado
  - Corrección
  - Validación
- Exportación de la serie a la base de datos definida donde se almacenan a disposición del usuario.
- Análisis de resultados:
  - Cálculo de balance hídrico
  - Simulación hidrológica
  - Estudios hidrológicos
  - Informes vigilancia

**ura** UT. AGRICULTURA **RED BÁSICA DE CONTROL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

Estación : **Sondeo ANGOSTO (106-03)** **SP16** Año : **2013**

*Niveles Medios Diarios en metros.*

Día	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Día
1	-12.10	-13.46	-13.82	-14.91	-13.44	-13.12	-13.29	-13.02	-12.65	-12.60	-12.45	-12.52	1
2	-12.05	-13.36	-13.93	-14.87	-13.39	-13.10	-13.31	-12.98	-12.66	-12.61	-12.53	-12.53	2
3	-12.04	-13.50	-14.01	-14.33	-13.38	-13.13	-13.29	-12.91	-12.66	-11.74	-12.48	-12.49	3
4	-12.02	-13.72	-14.05	-14.81	-13.39	-12.93	-13.30	-12.94	-12.69	-12.35	-12.48	-12.47	4
5	-12.06	-13.35	-14.11	-14.70	-13.41	-13.14	-13.29	-12.89	-12.68	-12.39	-12.52	-12.49	5
6	-12.07	-13.62	-14.09	-14.55	-13.41	-13.12	-13.29	-12.89	-12.65	-12.44	-12.47	-12.47	6
7	-12.04	-14.09	-14.00	-14.54	-13.43	-13.10	-13.27	-12.85	-12.61	-12.44	-12.47	-12.46	7
8	-12.01	-14.82	-13.90	-14.57	-13.40	-13.09	-13.28	-12.82	-12.56	-12.44	-12.46	-12.41	8
9	-12.04	-15.70	-13.88	-14.49	-13.33	-13.11	-13.30	-12.82	-12.58	-12.48	-12.39	-11.97	9
10	-12.09	-15.65	-13.83	-14.40	-13.31	-13.15	-13.28	-12.83	-12.59	-12.47	-12.44	-12.33	10
11	-12.04	-15.28	-13.80	-14.34	-13.31	-13.17	-13.28	-12.88	-12.57	-12.46	-12.43	-12.38	11
12	-12.10	-14.89	-13.73	-14.25	-13.28	-13.19	-13.24	-12.84	-12.59	-12.45	-12.44	-12.39	12
13	-12.05	-14.70	-13.62	-14.22	-13.31	-13.08	-13.21	-12.81	-12.60	-12.45	-12.43	-12.43	13
14	-12.06	-14.59	-13.64	-14.19	-13.34	-13.16	-13.18	-12.81	-12.62	-12.51	-12.40	-12.40	14
15	-12.18	-14.47	-14.41	-14.12	-13.29	-13.11	-13.16	-12.62	-12.60	-12.53	-12.37	-12.38	15
16	-12.23	-14.32	-14.86	-14.06	-13.26	-13.20	-13.14	-12.74	-12.60	-12.57	-12.39	-12.40	16
17	-12.22	-14.23	-14.89	-14.03	-13.28	-13.12	-13.12	-12.77	-12.58	-12.57	-12.47	-12.45	17
18	-12.33	-14.15	-14.75	-13.87	-13.26	-13.05	-13.12	-12.77	-12.59	-12.57	-12.51	-12.48	18
19	-12.93	-14.02	-14.64	-13.79	-13.22	-13.06	-13.14	-12.72	-12.60	-12.58	-12.47	-12.48	19
20	-13.42	-13.94	-14.51	-13.74	-13.18	-13.15	-13.13	-12.73	-12.61	-12.51	-12.45	-12.38	20
21	-13.53	-13.86	-14.38	-13.72	-13.17	-13.14	-13.12	-12.76	-12.59	-12.52	-12.51	-12.35	21
22	-13.33	-13.74	-14.31	-13.70	-13.23	-13.21	-13.12	-12.75	-12.57	-12.56	-12.51	-12.38	22
23	-13.16	-13.59	-14.21	-13.69	-13.19	-13.17	-13.06	-12.73	-12.60	-12.53	-12.54	-12.48	23
24	-13.16	-13.53	-14.13	-13.69	-13.21	-13.17	-13.08	-12.68	-12.63	-12.53	-12.55	-12.61	24
25	-13.36	-13.49	-14.01	-13.66	-13.18	-13.18	-13.08	-12.70	-12.64	-12.55	-12.55	-12.65	25
26	-13.49	-13.49	-13.99	-13.61	-13.20	-13.20	-13.07	-12.68	-12.64	-12.48	-12.52	-12.58	26
27	-13.50	-13.59	-14.05	-13.52	-13.23	-13.21	-13.01	-12.67	-12.63	-12.46	-12.49	-12.72	27
28	-13.43	-13.68	-14.23	-13.47	-13.19	-13.23	-12.97	-12.66	-12.61	-12.46	-12.44	-12.61	28
29	-13.47		-14.40	-13.45	-13.16	-13.24	-12.93	-12.65	-12.61	-12.40	-12.51	-12.47	29
30	-13.50		-14.69	-13.45	-13.13	-13.29	-12.96	-12.65	-12.62	-12.39	-12.54	-12.51	30
31	-13.44		-14.96		-13.13		-13.00	-12.62		-12.38		-12.62	31
<b>Med.</b>	<b>-12.63</b>	<b>-14.10</b>	<b>-14.19</b>	<b>-14.09</b>	<b>-13.28</b>	<b>-13.14</b>	<b>-13.16</b>	<b>-12.78</b>	<b>-12.61</b>	<b>-12.47</b>	<b>-12.47</b>	<b>-12.46</b>	<b>Med.</b>

**Nivel Medio Anual (m) : -13.12**

OBSERVACIONES:

- ✓ Control meteorológico
  - Precipitación
  - Evapotranspiración
- ✓ Control lixiviados
  - Caudal
  - Calidad
- ✓ Control aguas superficiales:
  - Caudal
  - Calidad
- ✓ Control aguas subterráneas:
  - Piezometría
  - Calidad

# Control variables meteorológicas



- Objetivo. Cuantificar las entradas al vertedero.
- Variables críticas:
  - ✓ Precipitación
  - ✓ Evapotranspiración
    - ❖ Métodos directos
      - evapotranspirómetro
      - lisímetro,
      - tanque de evaporación

- ❖ Métodos indirectos

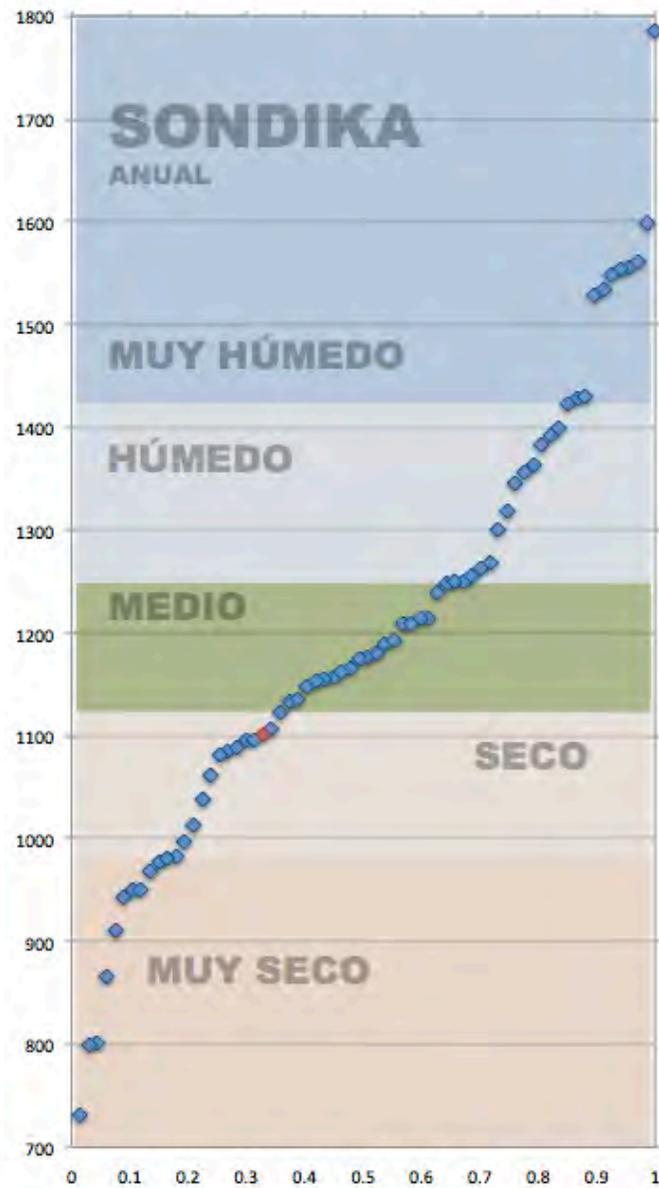
- Microclimatológicos
- Climatológicos:

Métodos climatológicos	Variables empleadas
Thornthwaite	Temperatura del aire Humedad relativa del aire Radiación solar Velocidad del viento Dirección viento Presión atmosférica
Coutagne	
Turc	
Penman	
Penman-Monteith	
.....	



- Dónde:
  - Red meteorológica Euskalmet/Aemet
  - In situ
  - Pluviometría, en uno o mas puntos dependiendo del tamaño del vertedero.
- Cómo:
  - Estación meteorológica
  - Estación compacta integrada

# Variables meteorológicas



- Objetivos:
  - ✓ Cuantificar entradas y las salidas controladas del vertedero y su calidad (masa evacuada).
  - ✓ Evaluar la afección real al medio.
  - ✓ Programación trabajos de gestión LXV
  - ✓ Cuantificación costes de depuración y vertido
  - ✓ Detectar tendencias a largo plazo. Simulación hidrológica-hidroquímica para la explotación y la fase clausura
- Variables críticas
  - ✓ Caudal. Control continuo.
    - Canales y vertederos de aforo. Registro limnimétrico con transductores de presión/nivel y datalogger.
      - Canales Parshall
      - Vertederos: triangulares, rectangulares,..
      - Aforos periódicos en surgencias menores y temporales
    - Caudalímetros:
      - electromagnéticos, ultrasonidos, chorro....
      - equipados con salidas analógicas o digitales registrables
      - Dotados de bypass para mantenimiento y limpieza

- Calidad
  - Existe posibilidad de control continuo automático de numerosos parámetros.
  - Estaciones de control de calidad/sondas multiparamétricas.
  - Quimismo complicado. Necesidad de mantenimiento semanal o, incluso, diario.
  - Frecuentemente la información que aporta el control continuo NO es proporcional al coste de operación que produce. Se considera suficiente:
    - ✓ Control analítico periódico con medición de variables en campo y laboratorio
    - ✓ Analítica multiparamétrica periódica en laboratorio
- Punto principal de recogida de lixiviados.

- Objetivos:
  - Cuantificar las entradas y salidas de aguas superficiales al/del vertedero. Cuadre del balance hídrico
  - Evaluar posibles afecciones del vertedero a las aguas superficiales
  - Detectar tendencias a largo plazo.
  - Simulación hidrológica para el dimensionamiento de infraestructuras durante la explotación y clausura.
- Emplazamiento. Aguas arriba y abajo vertedero
- Variables críticas
  - Caudal. Control continuo. Registro limnimétrico con transductores de presión/nivel y datalogger
    - ✓ Canales y vertederos de aforo.
    - ✓ Aforos periódicos
    - ✓ Sección natural instrumentada

- Calidad

- ✓ Control analítico periódico con medición de variables en campo y laboratorio.
- ✓ Analítica multiparamétrica en laboratorio.
- ✓ Control continuo variables representativas ¿turbidez?.

- Emplazamientos controles:

- Aguas arriba. Valores base.
- Aguas abajo. Control posible afección.

- Objetivos:
  - Cuantificar las entradas y salidas de aguas subterráneas al/del vaso de vertido.
  - Balance hídrico.
  - Controlar la evolución de la piezometría y el flujo subterráneo en la masa de residuos.
  - Evaluar posibles afecciones del vertedero a las aguas subterráneas.
  - Detectar tendencias a largo plazo.
  - Simulación hidrogeológica para el dimensionamiento de infraestructuras durante la explotación y clausura.
- Emplazamiento. Aguas arriba y abajo vertedero. Masa de vertido.
- Variables críticas
  - Nivel piezométrico. Control continuo.
  - Ocasionalmente T<sup>a</sup> y CE.
  - Calidad.

- Calidad. La mayor inercia del sistema permite un control efectivo con muestreos y analíticas trimestrales en la mayor parte de los programas de vigilancia.
- Esta frecuencia se puede estrechar en el supuesto de detección de contaminantes para los que se han definido valores umbral o sustancias prioritarias y preferentes incluidas en las NCA, que puedan afectar a un abastecimiento público.
- La frecuencia de muestreo debería contemplar el riesgo de favorecer el flujo subterráneo, la recarga inducida y la progresión de los contaminantes en el medio.

- Única alternativa hasta 1989
- Buenos resultados contrastados:
  - grandes profundidades N.P. >100 m
  - grandes variaciones N.P. >40 m
  - Buena calidad registro
  - Operación sencilla
  - Fiabilidad excelente

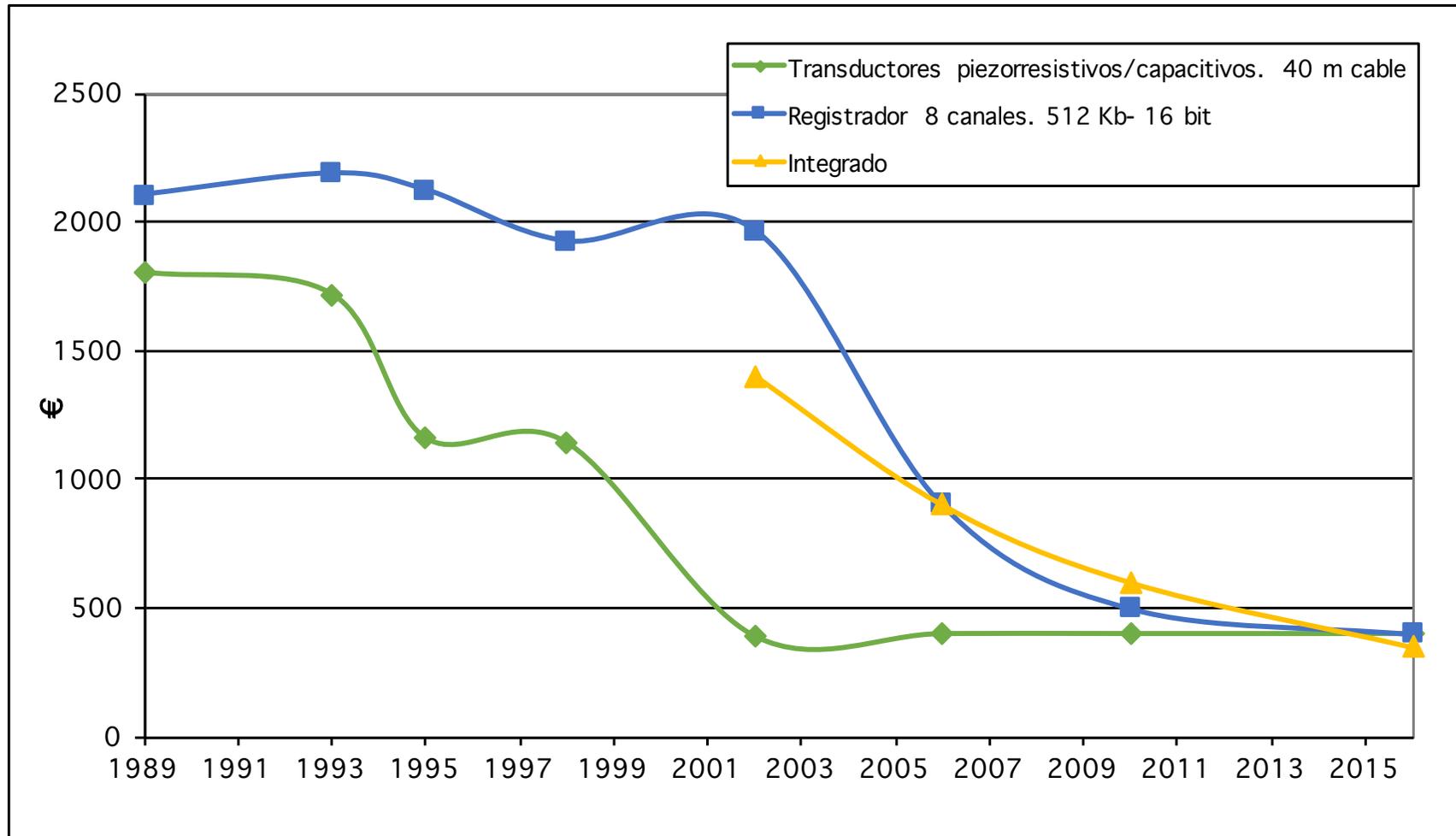
## Inconvenientes

- Dificultad aplicación en instalaciones portátiles
- Escasa flexibilidad de programación del dominio temporal. Engranaje
- Baja resolución temporal
- Necesidad de verticalidad de la instalación
- Exigentes requisitos de tranquilización
- Imposibilidad de aplicación en sondeos surgentes
- Limitaciones de diámetro de la tubería de medida,  $>2 \times \text{Ø Flotador}$

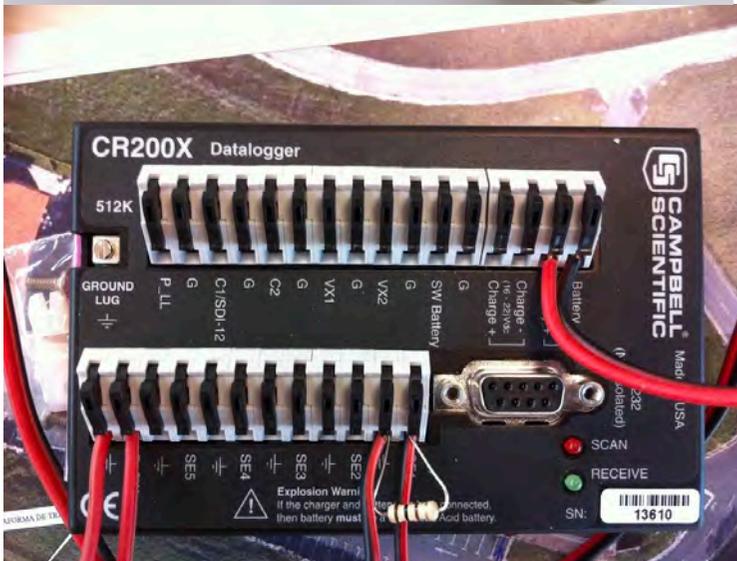
- Emplazamientos sin red eléctrica. Equipos autónomos.
- Bajo consumo. Alimentación 6-12 Vcc.
- Gestión de alimentación a sensor.
- Período adquisición datos 10 minutos.
- Transductores de presión piezo-resistivos /capacitivos.
- Señal 4..20 mA:
  - Menos interferencias
  - Más sencillos de operar
  - Universales
  - Sin acondicionador de señal
- Habitualmente sin telecontrol.
- Memoria necesaria, al menos 512 Kb: 240.000 registros.

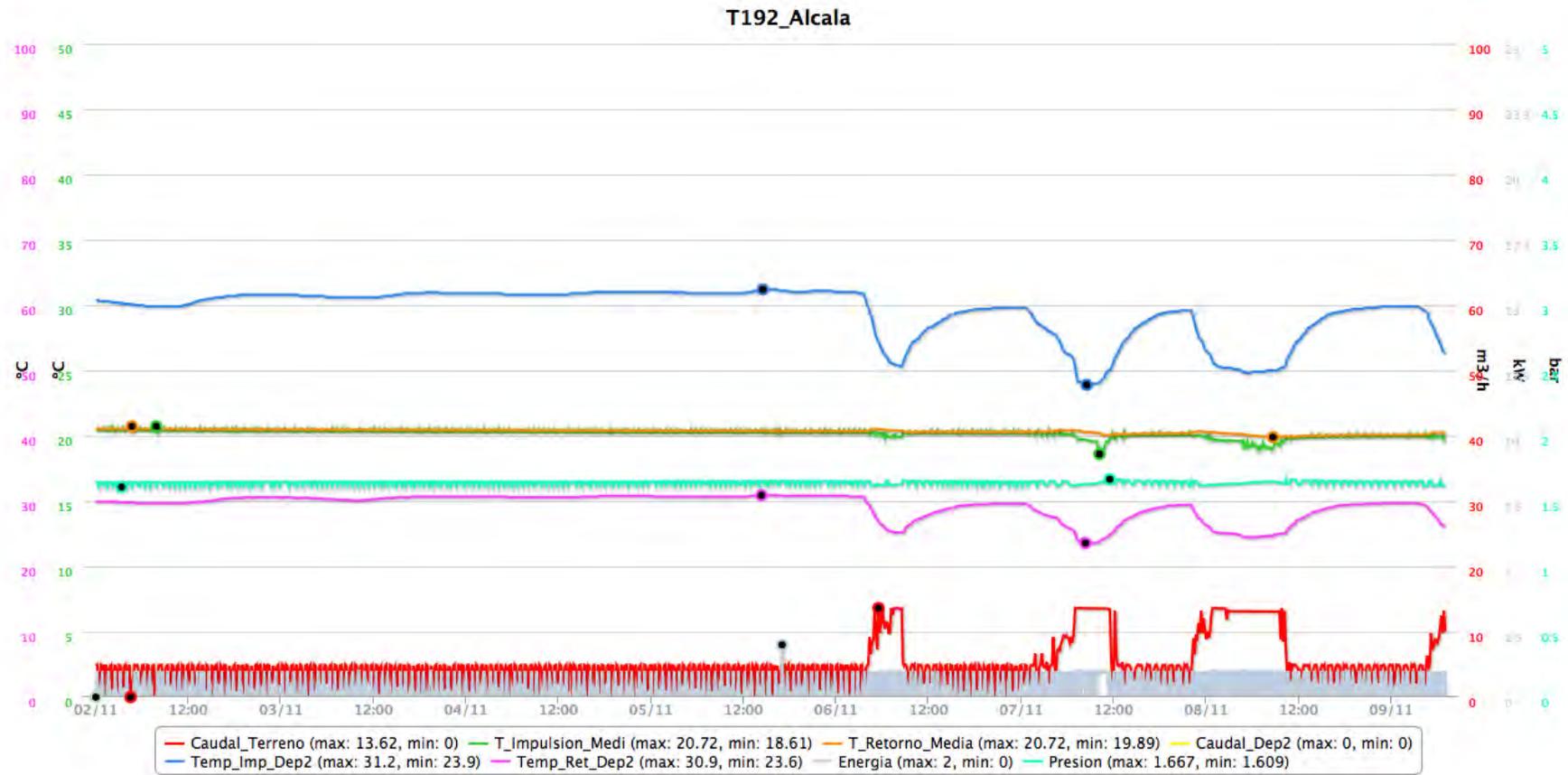
# Características de los sensores empleados





# Evolución de los precios de registro automático





- ✓ El control hidrológico es una herramienta básica de vigilancia ambiental siempre y cuando se asegure la representatividad del dato obtenido.
- ✓ Para ello el control foronómico y piezométrico debe ser continuo en la mayor parte de los casos y se debe realizar un mantenimiento regular de las instalaciones incluyendo una calibración, al menos mensual, de los equipos.
- ✓ El control hidroquímico continuo se justifica en el caso de variables críticas con variaciones temporales importantes. Por lo general, un muestreo periódico (mensual/trimestral) recoge adecuadamente la variabilidad de las series.
- ✓ En los últimos 20 años los equipos automáticos de medición y registro han aumentado su capacidad y abaratado su coste de manera importante facilitando su utilización.
- ✓ El control en tiempo real, o real bajo demanda, se va imponiendo gracias a la tecnología GPRS, la reducción de los costes de transmisión y a los sistemas de almacenamiento en la nube que facilitan el acceso a la información con cualquier navegador.
- ✓ La posibilidad de configurar alarmas es una ventaja adicional evidente de estos sistemas.

**telur**  
geotermia y agua

