



# RESULTADOS DEL PROYECTO LIFE ALCHEMIA (CIESOL/DIPALME)

*J.L. Casas López<sup>1,2</sup>, G. Pinna Hernández<sup>1,2</sup>, I. Rodríguez Ruano<sup>1,2</sup>,  
F. J. Martínez Rodríguez<sup>3</sup>*

(1) Solar Energy Research Centre (CIESOL), University of Almería, Almería, Spain. [jlcasas@ual.es](mailto:jlcasas@ual.es)

(2) Chemical Engineering Department. University of Almería, Spain.

(3) Diputación Provincial de Almería, Almería, Spain.

## CIESOL, Centro de Investigación de la Energía Solar

El CIESOL fue creado en 2005, es un centro de investigación conjunto, entre la Universidad de Almería y el Centro de Energía, Medio Ambiente y Tecnología (CIEMAT) adscrito al Ministerio de Ciencia e Innovación.



**Centro Interdisciplinar:**  
Físicos, Químicos, Biólogos e Ingenieros de diversas ramas.

Investigación dirigida a diversos sectores industriales:

- Energía solar térmica de media y alta temperatura
- Tratamiento de aguas (desalación, purificación, microalgas)
- Integración de la energía solar térmica y fotovoltaica en edificios
- Diseño y optimización de sistemas de refrigeración y calefacción solar térmica





# CONTENIDO

## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

Descripción de las plantas Alchemia (Almería)

Análisis de agua bruta

Materiales filtrantes

## RESULTADOS

Agua y Materiales filtrantes

Consumos de Agua y Energía

Seguridad del entorno de trabajo

## CONCLUSIONES

# Introducción y objetivos del proyecto



# LIFE ALCHEMIA

Hacia un tratamiento integral e inteligente de la radioactividad natural en los servicios de abastecimiento de agua



European Union programme LIFE Project (LIFE16 ENV/ES/000437)

[www.lifealchemy.eu](http://www.lifealchemy.eu)

WATER INTAKE  
DRILLING



## Principales objetivos del proyecto

- ✓ Eliminar la radioactividad **natural** del agua de consumo humano a través de sistemas sostenibles basados en lechos filtrantes.
- ✓ Minimizar la generación de Materiales Radioactivos de Origen Natural (NORM) en esos tratamientos.
- ✓ Replicar las soluciones demostradas en el proyecto LIFE ALCHEMIA en otros países Europeos.



- 📍 1 pilot plant in the Viimsi Parish (Estonia)
- 📍 3 pilot plants in the province of Almería (Spain)



# Descripción de las plantas Alchemia (Almería) Análisis de agua bruta Materiales de relleno



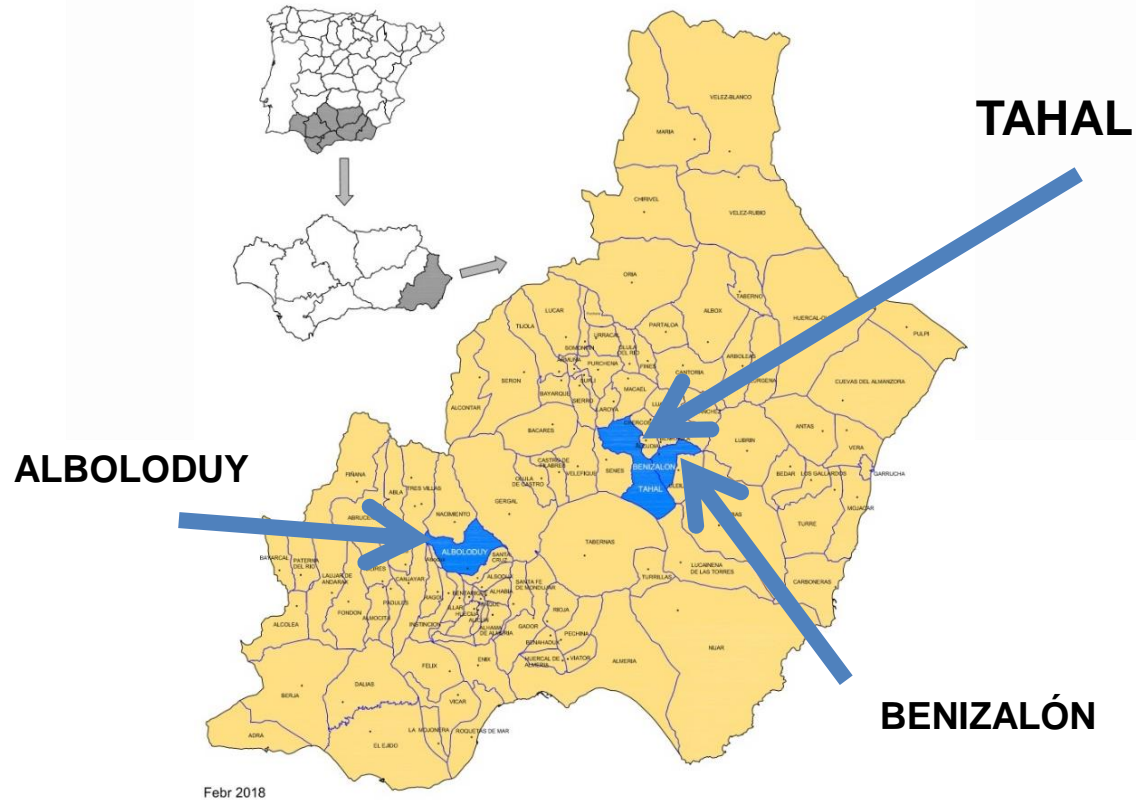
# UBICACIÓN PLANTAS ALCHEMIA



Alboloduy

## WATER TREATMENT PLANTS SITUATION

PILOT PLANTS ALCHEMIA



Febr 2018

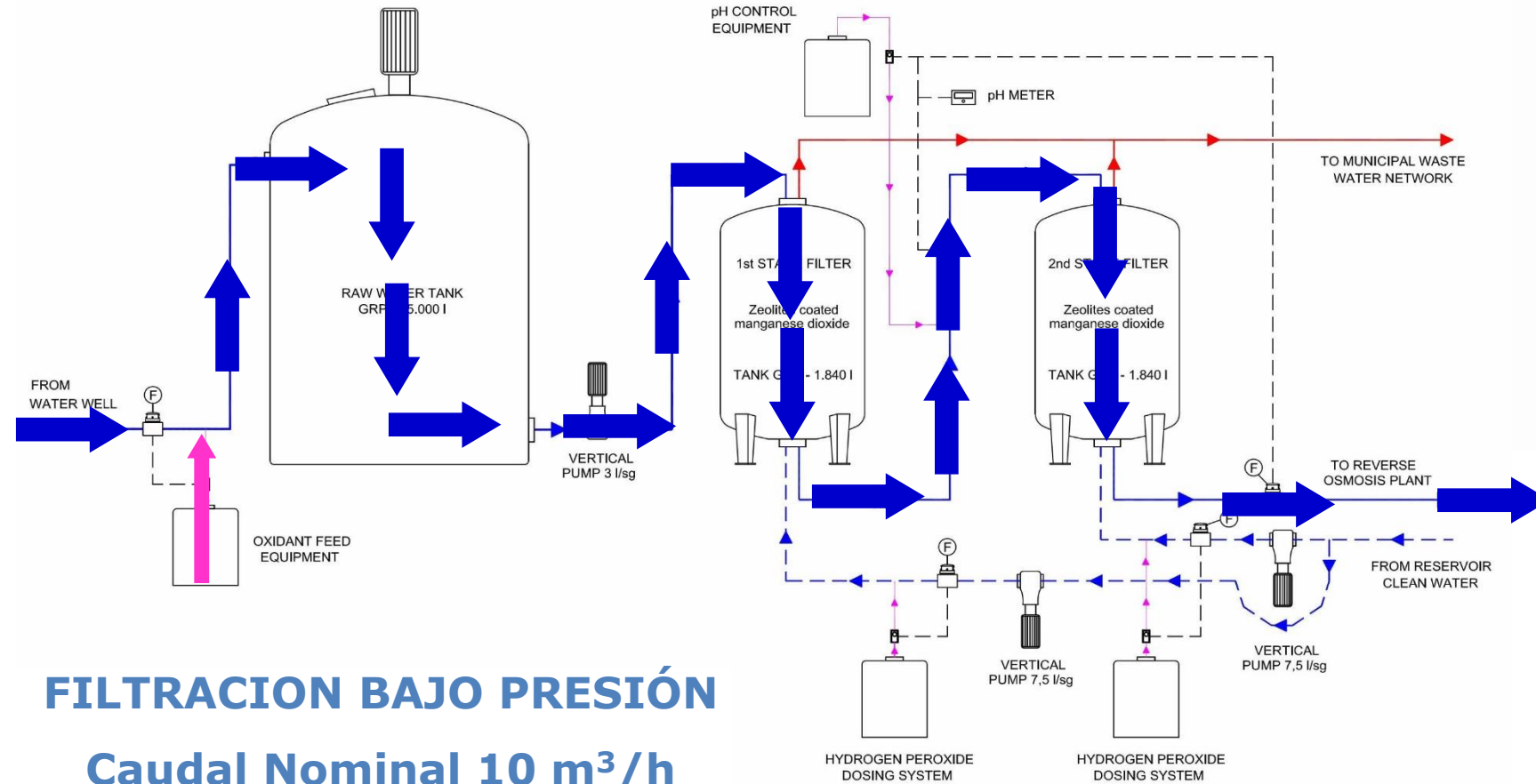


Tahal



Benizalón

## ETAPA DE FILTRACIÓN



**Caída de presión  
en cada tanque  
≈ 0,5 kg/cm<sup>2</sup>**

**Operación  
controlada por la  
necesidad de  
agua tratada y  
por la  
disponibilidad de  
agua en el tanque  
de agua bruta**

**FILTRACION BAJO PRESIÓN**

**Caudal Nominal 10 m<sup>3</sup>/h**



## ETAPA DE CONTRALAVADO

Programado cada 24h

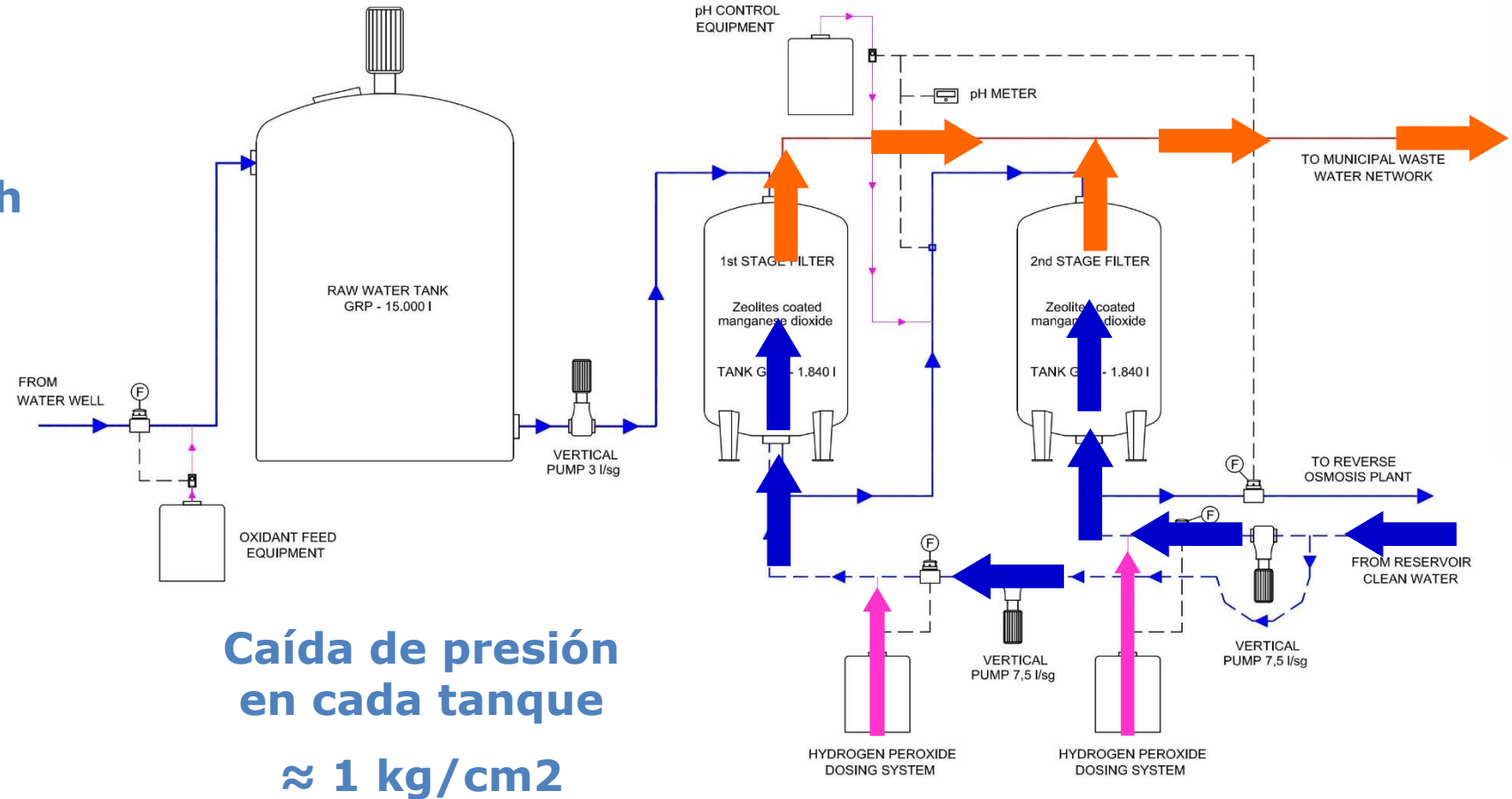
10 minutos de  
contralavado

+

5 minutos  
asentamiento

CAUDAL NOMINAL

20 m<sup>3</sup>/h



## Análisis de agua bruta

*En todos los casos el los niveles de actividad alfa total excedieron los límites siendo necesario realizar analíticas completas para determinar la Dosis Indicativa Total*

### Contribución a la Dosis Indicativa Total

	U	Ra	Pb	Po
Alboloduy	74,4%	3,3%	18,3%	4,0%
Benizalón	57,9%	30,9%	8,0%	4,0%
Tahal	25,6%	59,7%	15,3%	3,1%

*Los isótopos de Radio y Uranio son los predominantes en las tres aguas representado > 80% DIT*

#### ALBOLODUY

Radionuclide	Activity (Bq/L)	% DI
<sup>234</sup> U	0.218±0.031	35,46%
<sup>235</sup> U	0.021±0.005	
<sup>238</sup> U	0.239±0.034	35,70%
<sup>226</sup> Ra	0,0035	
<sup>228</sup> Ra	<0.020	
<sup>210</sup> Po	<0.001	
<sup>210</sup> Pb	0.008	18,32%
ID	0.0220 mSv/y	

#### BENIZALÓN

Radionuclide	Activity (Bq/L)	% DI
<sup>234</sup> U	3.43±0.42	34,69%
<sup>235</sup> U	0.090±0.013	
<sup>238</sup> U	2.40±0.29	22,29%
<sup>226</sup> Ra	0.195±0.017	
<sup>228</sup> Ra	0.133±0.013	18,94%
<sup>210</sup> Po	0.016±0.003	
<sup>210</sup> Pb	0.056	
ID	0.3537 mSv/y	

#### TAHAL

Radionuclide	Activity (Bq/L)	% DI
<sup>234</sup> U	0.392±0.043	16,43%
<sup>235</sup> U	0.010±0.002	
<sup>238</sup> U	0.229±0.026	
<sup>226</sup> Ra	0.061±0.004	
<sup>228</sup> Ra	0.070±0.009	41,32%
<sup>210</sup> Po	0.0030±0.0005	
<sup>210</sup> Pb	0.26	15,35%
ID	0.0853 mSv/y	

## MATERIALES DE RELLENO EN LOS LECHOS FILTRANTES

ETAP	1 <sup>er</sup> Tanque de filtración (T1)	2 <sup>o</sup> Tanque de filtración (T2)
Alboloduy AB	KATALOX LIGHT WatchWater® Manganese dioxide coated zeolite (10%) (1.000 Kg)	ZEOSORB WatchWater® Zeolites (748 Kg)
Benizalón BZ	KATALOX LIGHT PLUS Watch Water® Manganese dioxide coated dolomite (15%) (1.450 Kg)	FERROLOX Watch Water® Ferric Hydroxide (75%) (600 Kg)
Tahal TH	KATALOX LIGHT WatchWater® Manganese dioxide coated zeolite (10%) (1.000 Kg)	KATALOX LIGHT WatchWater® Manganese dioxide coated zeolite (10%) (1.000 Kg)

- **Alboloduy:** los principales isótopos son U234 y U238 (74,4% DIT). Alta salinidad y baja [Fe]. Primer filtro: Katalox light, buena eficiencia para eliminar Ra y U. Segundo filtro: Zeosorb ha demostrado eliminar eficientemente Ra del agua y ser un buen intercambiador de iones.

- **Benizalón:** los parámetros fisicoquímicos cumplen con la normativa y las características radiológicas de esta agua son las más complejas, ya que la DIT ( $0,34 \pm 0,005$  mSv/año) supera en 3 veces el valor fijado por reglamento. Contribución U (57,9) y Ra (30,9%)

- **Tahal:** el agua bruta supera los límites umbral de concentración de Fe establecidos por el RD 314/2016, Mn está cerca del límite y los isótopos de Ra (Ra-228 41.%) son los principales radionucleidos responsables de la DIT (59,7%). Primer y segundo filtro: Katalox Light (zeolita recubierta de MnO<sub>2</sub>) porque es eficiente en la eliminación de Mn y Ra.





## Physical Properties

Appearance	Granular black beads
Odor	none
Mesh size	US 14 x 30 SI 0.6 - 1.4 mm
Uniformity Coefficient	≤ 1.75
Bulk density	US 66 lb / ft <sup>3</sup> SI 1060 kg / m <sup>3</sup>
Moisture Content	< 0.5 % as shipped
Filtration	< 3 micron
Loading Capacity	for Fe <sup>2+</sup> alone 3000 mg / l 85000 mg / ft <sup>3</sup> (aprx)
	for Mn <sup>2+</sup> alone 1500 mg / l 42500 mg / ft <sup>3</sup> (aprx)
	for H <sub>2</sub> S alone 500 mg / l 14000 mg / ft <sup>3</sup> (aprx)

## Composition of Katalox Light®

Compounds	Typical value	Specifications
ZEOSORB (Naturally Mined)	85 %	> 85 %
Manganese dioxide	10 %	> 9.5 %
Hydrated Lime	5 %	< 5 %



## Recommended System Operating Conditions

Inlet water pH	5.8 - 10.5
Freeboard	40%
Minimal Bed Depth	US 29.5 inches SI 75 cm
Optimal Bed Depth	US 47 inches SI 120 cm
Service flow	US 4 - 8 gpm / ft <sup>2</sup> SI 10 - 20 m/h
Backwash velocity **	US 10 - 12 gpm / ft <sup>2</sup> SI 25 - 30 m/h
Backwash time **	10 - 15 minutes
Rinse time **	2 - 3 minutes

## Regeneration / Dosing\*

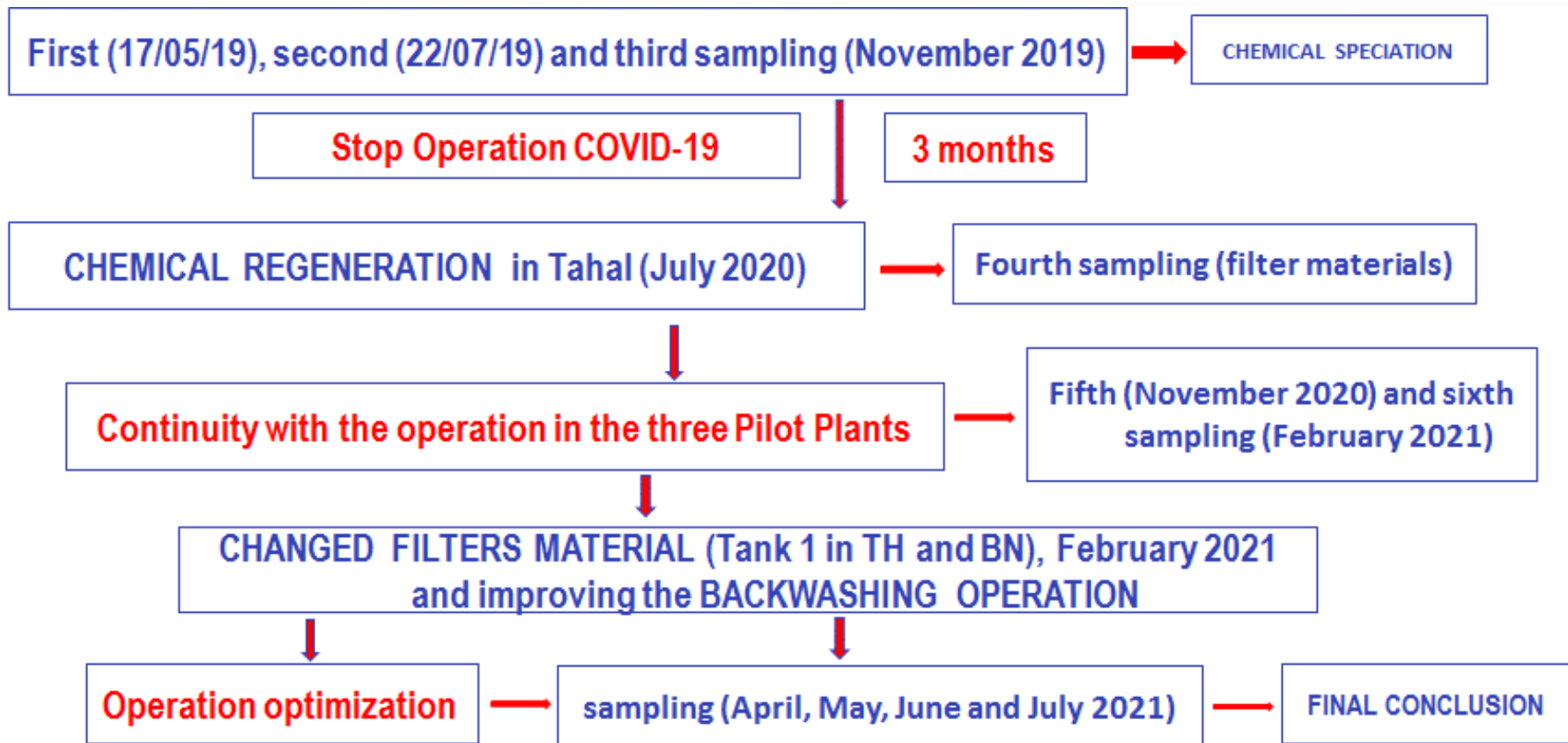
for 1.0 mg/l of

	Fe <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	H <sub>2</sub> S
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.9 mg/l	1.8 mg/l	4.5 mg/l
KMnO <sub>4</sub> /Cl	1.0 mg/l	2.0 mg/l	5.0 mg/l

\* Optional: Only if the water doesn't have sufficient ORP (Oxidation Reduction Potential) to oxidize the contaminants. OXYDES-P helps to keep the media surface clean and could be used during backwash.

# Resultados Calidad del Agua tratada

## Validación y operación de las plantas piloto





## Validación y operación de las plantas piloto

# ALBOLODUY

Límite DIT 0.1 mSv/y

ALBOLODUY	Radionucleidos	Entrada	Salida	Eliminación %	Actividad alfa total Entrada	Actividad alfa salida	% reducción Actividad alfa total	DIT entrada mSv/y	DIT salida mSv/y	DIT reducción %
17/05/2019	U-238 (Bq/l)	0,2160	0,2360	-9,26	0,25 ± 0,019	0,31 ± 0,023	0,28 ± 0,021	0,0158	0,0161	-2,32
	U-234 (Bq/l)	0,2160	0,2290	-6,02						
	Ra-226 (Bq/l)	0,0046	0,0009	80,43						
	Ra-228 (Bq/l)	<0,020	<0,020	-						
11/11/2019	U-238 (Bq/l)	0,204	0,190	6,86	0,28 ± 0,04	0,22 ± 0,03	0,23 ± 0,04	0,0147	0,0138	5,89
	U-234 (Bq/l)	0,204	0,199	2,45						
	Ra-226 (Bq/l)	0,003	0,002	33,33						
	Ra-228 (Bq/l)	<0,020	<0,020	-						
29/10/2020	U-238 (Bq/l)	0,219	0,203	7,31	0,25 ± 0,04	0,200 ± 0,025	0,19 ± 0,024	0,0159	0,0147	7,53
	U-234 (Bq/l)	0,22	0,211	4,09						
	Ra-226 (Bq/l)	0,0039	0,0022	43,59						
	Ra-228 (Bq/l)	<0,020	<0,020	-						

Eliminación de Uranio y Radio estrechamente ligada a la eliminación de hierro.

Agua con muy baja concentración de hierro y muy alta salinidad especialmente debida a la alta concentración de iones cloro, sodio y sulfato lo que reduce la eficiencia del lecho

Como se puede observar, la reducción de U234 y U238 es insignificante. Sin embargo, el Ra226 muestra un mejor comportamiento debido a la adsorción en el material filtrante.

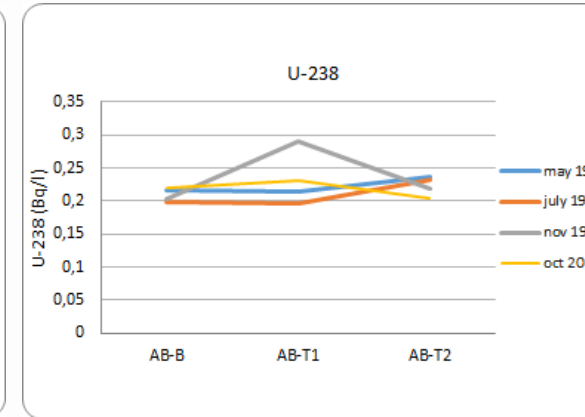
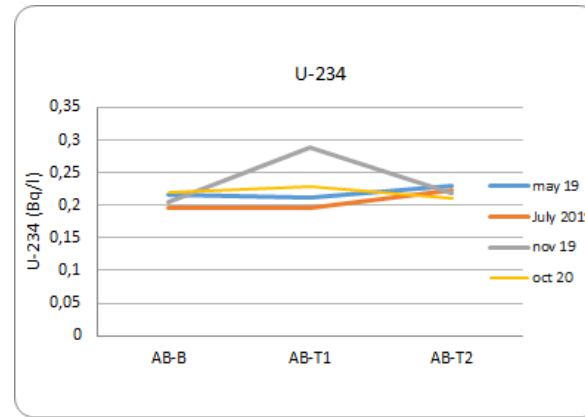
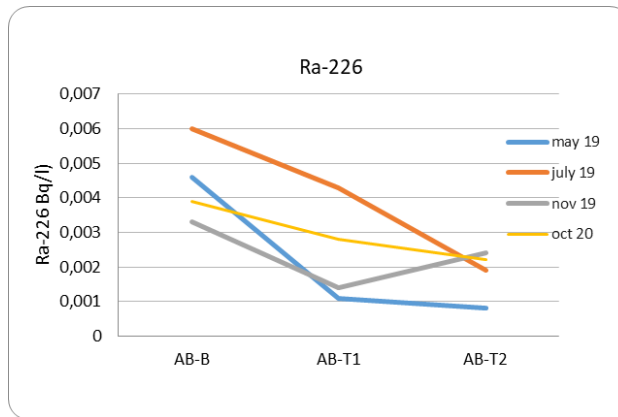
## Validación y operación de las plantas piloto

## ALBOLODUY

**Eliminación de Uranio y Radio estrechamente ligada a la eliminación de hierro.**

**Agua con muy baja concentración de hierro y muy alta salinidad especialmente debida a la alta concentración de iones cloro, sodio y sulfato lo que reduce la eficiencia del lecho**

**Se propone la adición de hierro o el uso de otros materiales como Trappsorb combinado con Crystolite**



**Actividad del Ra228 por debajo del límite de detección**

Diferentes condiciones de operación:

A) Lavados:

Mayo y julio 2019 : retrolavado con agua.

Noviembre 2019: retrolavado con H2O2 (50%).

Noviembre de 2020 y febrero de 2021:retrolavado con agua.

### Porcentajes de reducción

	Fe	Ra-226	U-234	U-238
May-19	14,83	80,43	-6,02	-9,26
Nov-19	-10,78	33,33	-7,35	-7,35
Oct-20	-2,16	43,59	4,09	7,31

## Validación y operación de las plantas piloto

## BENIZALON

Límite DIT 0.1 mSv/y

BENIZALON	Radionucleidos	Entrada	Salida	Eliminación %	Actividad alfa total Entrada	Actividad alfa salida	% reducción Actividad alfa total	DIT entrada mSv/y	DIT salida mSv/y	DIT reducción %
17/05/2019	U-238 (Bq/l)	2,500	1,500	40,00	<b>4,3± 0,3</b>	<b>1,8± 0,22</b>	<b>69,77</b>	<b>0,2923</b>	<b>0,1358</b>	<b>53,54</b>
	U-234 (Bq/l)	3,600	2,100	41,67						
	Ra-226 (Bq/l)	0,090	0,007	<b>92,78</b>						
	Ra-228 (Bq/l)	0,125	0,020	<b>84,00</b>						
11/11/2019 Outlet (T1)	U-238 (Bq/l)	0,930	0,600	35,48	<b>1,9±0,3</b>	<b>1±0,17</b>	<b>47,36</b>	<b>0,2053</b>	<b>0,0694</b>	<b>66,18</b>
	U-234 (Bq/l)	1,620	0,940	41,98						
	Ra-226 (Bq/l)	0,177	0,022	<b>87,57</b>						
	Ra-228 (Bq/l)	0,160	0,023	85,63						
2/12/2020	U-238 (Bq/l)	2,07	1,14	44,93 (T1)	<b>3,2±0,4</b>	<b>1,2±0,14</b>	<b>62,50</b>	<b>0,3625</b>	<b>0,0929</b>	<b>71,59</b>
	U-234 (Bq/l)	3,15	1,53	51,43 (T1)						
	Ra-226 (Bq/l)	0,372	0,0035	<b>99,06</b>						
	Ra-228 (Bq/l)	0,21	<0,020	<b>&gt;90,48</b>						

*En este caso, se obtiene una buena reducción tanto para los isótopos de Uranio como de Radio. La dosis indicativa de este influente de agua supera el límite.*

*Con el tratamiento se consigue un agua apta para consumo a pesar de la actividad alfa total*

**La reducción de la actividad Alfa total es acorde con la reducción de la DIT.**

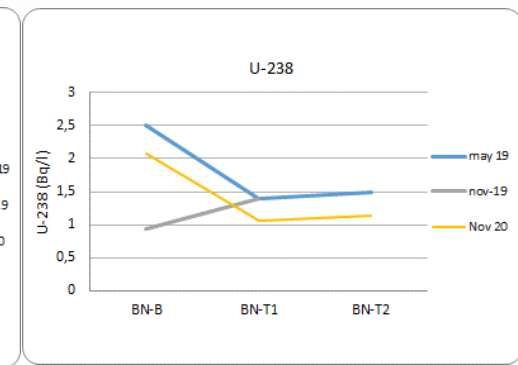
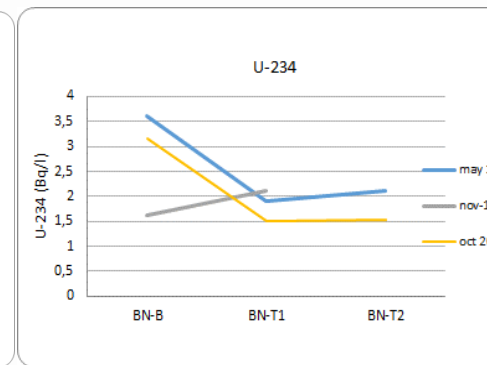
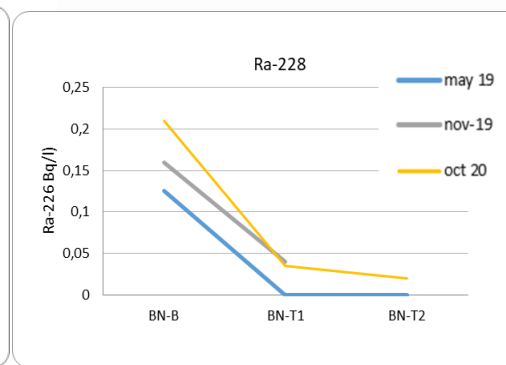
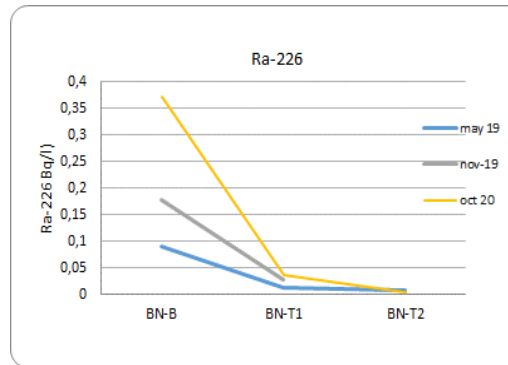
**Aspecto a tener en cuenta en el control y operación de la planta.**

**AAT diez veces superior al límite con DIT inferior al límite.**



## Validación y operación de las plantas piloto

## BENIZALON



Different conditions in samples to optimization de operation:

A) Washings:

- May 2019: backwashing with water.
- November 2019: backwashing with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (50%).
- November 2020 and february 2021: backwashing with water and using a blower to increase ORP

**Eliminación de Uranio y Radio estrechamente ligada a la eliminación de hierro.**

**La mayor parte de la eliminación de radionucleidos tiene lugar en el T1**

### Porcentajes de reducción

	Fe	Ra-226	U-234	U-238
May-19	35,12	92,78	41,67	40,00
Nov-19	-18,78	84,75	-29,63	-50,538
Dic-20	34,27	99,06	51,43	44,93

## Validación y operación de las plantas piloto

## TAHAL

Límite DIT 0.1 mSv/y

TAHAL	Radionucleidos	Entrada	Salida	Eliminación %	Actividad alfa total Entrada	Actividad alfa total salida	% reducción Actividad alfa total	DIT entrada mSv/y	DIT salida mSv/y	DIT reducción %
17/05/2019	U-238 (Bq/l)	0,37	0,24	35,14	0,60±0,14	0,52±0,09	13,33	0,0916	0,0316	65,47
	U-234 (Bq/l)	0,56	0,36	35,71						
	Ra-226 (Bq/l)	0,091	0,0014	98,46						
	Ra-228 (Bq/l)	0,081	0,021	74,07						
11/11/2019	U-238 (Bq/l)	0,910	0,570	37,36	1,70±0,15	0,9±0,11	47,06	0,1171	0,0651	44,38
	U-234 (Bq/l)	1,160	0,710	38,79						
	Ra-226 (Bq/l)	0,061	0,019	68,85						
	Ra-228 (Bq/l)	0,066	0,034	48,48						
29/10/2020	U-238 (Bq/l)	0,409	0,35	14,43	0,80±0,110	0,48±0,06	40,00	0,0779	0,0431	44,61
	U-234 (Bq/l)	0,594	0,52	12,46						
	Ra-226 (Bq/l)	0,076	0,017	77,63						
	Ra-228 (Bq/l)	0,055	<0,020	>63,64						
09/02/2021	U-238 (Bq/l)	0,526	0,304	42,21	1,00±0,22	0,29±0,03	71,00	0,0779	0,0336	60,71
	U-234 (Bq/l)	0,850	0,411	52,65						
	Ra-226 (Bq/l)	0,054	0,019	69,81						
	Ra-228 (Bq/l)	0,038	0,0040	89,47						

*En este caso, se obtiene una buena reducción tanto para los isótopos de Uranio como de Radio. La dosis indicativa de este influente se encuentra cerca del límite.*

*Con el tratamiento se consigue un agua apta para consumo a pesar de la actividad alfa total*

**La reducción de la actividad alfa total es acorde con la reducción de la DIT.**

**Aspecto a tener en cuenta en el control y operación de la planta, coste analíticas para pequeñas poblaciones. AAT diez veces superior al límite con DIT inferior al límite.**

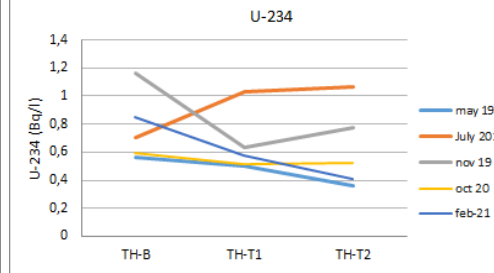
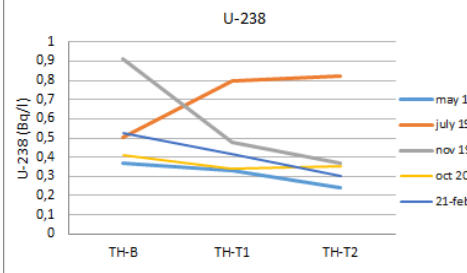
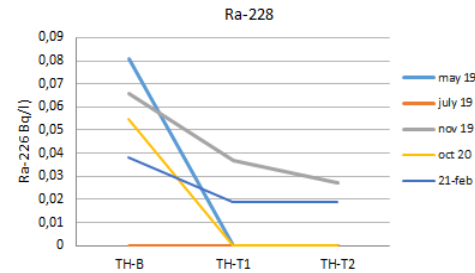
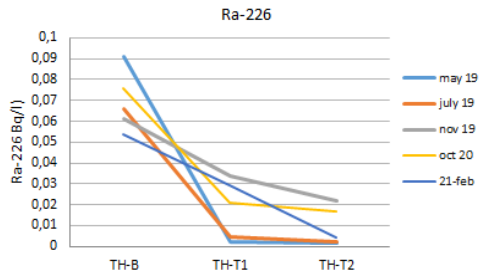
## Validación y operación de las plantas piloto

## TAHAL

Eliminación de Radio > 90%

Eliminación de Uranio > 45%

Aguas con altas concentraciones de hierro (TH y BZ) favorecen la eliminación de Ra y U mediante coprecipitación



Different conditions in samples to optimization de operation:

A) Washings:

- May and July 2019 : backwashing with water.
- November 2019: backwashing with H2O2 (50%).
- November 2020 and february 2021: backwashing with water before chemical regeneration

**Con el tratamiento se consigue un agua apta para consumo a pesar de la actividad alfa total.**

**Eliminación de Uranio y Radio estrechamente ligada a la eliminación de hierro.**

**La mayor parte de la eliminación de radionucleidos tiene lugar en el T1**

Porcentajes de reducción

	Fe	Ra-226	Ra-228	U-234	U-238
May-19	8,12	98,46	<b>74,07</b>	35,71	35,14
Nov-19	34,01	63,93	<b>48,48</b>	33,10	59,23
Oct-19	-6,85	77,63	<b>&gt;63,64</b>	12,46	14,43
Feb-21	<b>38,90</b>	<b>92,59</b>	<b>89,47</b>	<b>51,65</b>	<b>42,21</b>



*¿Se están acumulando los radionucleidos en el relleno?*

# Resultados Materiales de relleno

Directiva 2013/59/Euratom del Consejo de la UE

**Pendiente de su completa transposición**

### **Materiales con radionucleidos naturales**

Valores de exención o desclasificación para radionucleidos naturales en materiales sólidos en equilibrio secular con sus descendientes:

Radionucleidos naturales de la serie del U-238 (U-234, Ra-226 y otros)	1 kBq / kg
Radionucleidos naturales de la serie del Th-232 (Ra-228 y otros)	1 kBq / kg

## RESIDUOS SÓLIDOS NORM

En España, la **Orden IET/1946/2013**, de 17 de octubre, regula la gestión de los residuos NORM

Caracterización de los residuos NORM: Contenido de radionucleidos inferior o igual a los niveles establecidos en la tabla pueden ser gestionados de forma convencional.

En el caso de la mezcla de radionucleidos, debe aplicarse la regla de la suma de los cocientes entre la concentración del radionucleido presente ( $C_i$ ) y el nivel aplicable ( $C_{li}$ ) de modo que se verifique la siguiente expresión:

$$\sum_{i=1,n} C_i / C_{li} \leq 1$$

*Niveles aplicables a los residuos NORM en kBq/kg (Bq/g)  
Anexo de la Orden IET/1946/2013 de 17 de Octubre*

Radionucleido	Todos los materiales
U-238 (sec) incl. U-235 (sec)	0,5
U natural	5
Th-230	10
Ra-226+	0,5
Pb-210+	5
Po-210	5
U-235 (sec)	1
U-235+	5
Pa-231	5
Ac-227+	1
Th-232 (sec)	0,5
Th-232 (sec)	5
Ra-228+	1
Th-228+	0,5
K-40	5

(Sec): Radionúclido en equilibrio secular con todos sus descendientes.  
(+): Radionúclido en equilibrio secular con sus descendientes de vida corta.

**MÁS RESTRICTIVA QUE LA DIRECTIVA 2013/59 EURATOM**

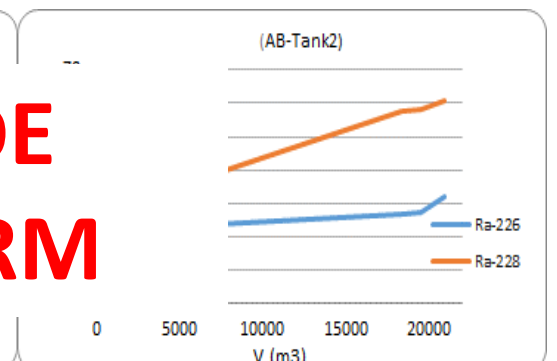
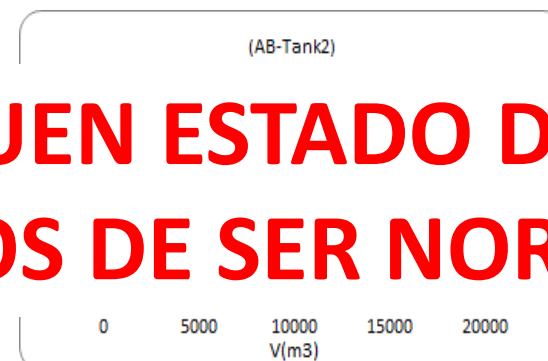
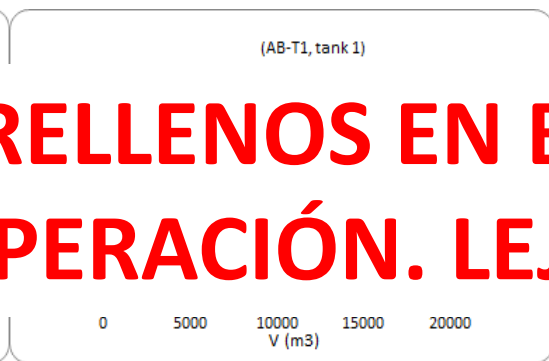
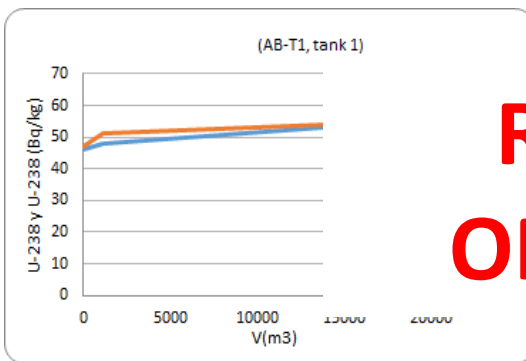


**EVOLUCIÓN CONTENIDO RADIONUCLEIDOS**

**ALBOLODUY**

TANQUE 1					
Fecha	U-234 (Bq/kg)	U-238 (Bq/kg)	Ra-226 (Bq/kg)	Ra-228 (Bq/kg)	V (m3)
Material Inerte	46±6	47±6	32±3	28±3	0
May-19	48±5	51±5	36±2	30±2	1119
Nov-19	55±9	55±5	68±4	44±4	18305
Jul-19	60±7	59±7	71± 6	44± 4	19500
Nov-20	62±7	65±8	43±4	28±2	20900

TANQUE 2					
Fecha	U-234 (Bq/kg)	U-238 (Bq/kg)	Ra-226 (Bq/kg)	Ra-228 (Bq/kg)	V (m3)
May-19	21±3	29±4	22±2	29±4	1119
Nov-19	22±5	34±6	27±2	55±4	18305
Jul-19	27±5	37±6	27±6	58±5	19500
Nov-20	24±4	27±5	32±3	61±5	20900



**RELLENOS EN BUEN ESTADO DE OPERACIÓN. LEJOS DE SER NORM**

## EVOLUCIÓN CONTENIDO RADIONUCLEIDOS

## BENIZALON

### TANQUE 1

Date	U-234 (Bq/kg)	U-238 (Bq/kg)	Ra-226 (Bq/kg)	Ra-228 (Bq/kg)	V (m3)
Materia Inerte	46±6	47±6	32±3	28±3	0
May-19	580±45	416±33	55±5	38±4	438
Nov-19	326±28	223±20	54±4	47±4	653
Jul-20	449±35	305±24	144±12	214±14	800
Nov-20	332±48	224±33	180±15	262±21	2400

### TANQUE 2

Date	U-234 (Bq/kg)	U-238 (Bq/kg)	Ra-226 (Bq/kg)	Ra-228 (Bq/kg)	V (m3)
May-19	387±47	286±35	125±10	211±17	438
Jul-20	460±47	320±34	120±10	181±14	800
Nov-20	707±106	501±76	163±13	260±20	2400



**RELLENOS EN TORNO AL LÍMITE NORM  
REGENERACIÓN PREVISTA CON KCl**

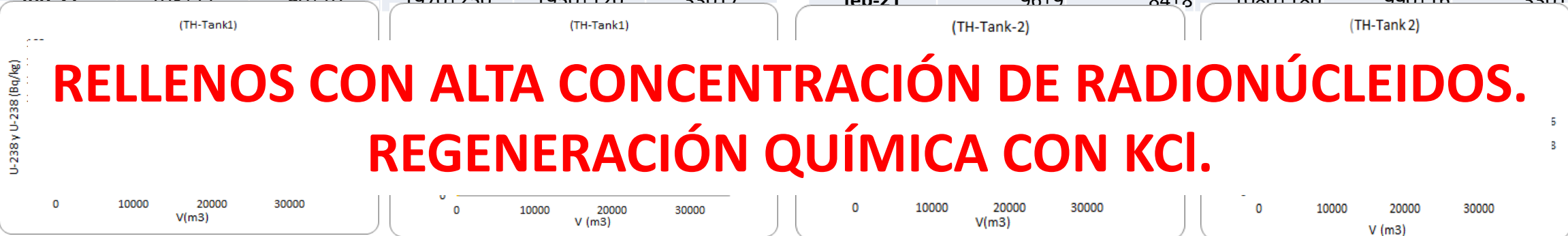
## EVOLUCIÓN CONTENIDO RADIONUCLEIDOS

## TAHAL

TANQUE 1					
Fecha	U-234 (Bq/kg)	U-238 (Bq/kg)	Ra-226 (Bq/kg)	Ra-228 (Bq/kg)	V (m3)
Material Inerte	46±6	47±6	32±3	28±3	0
may-19	114±13	89±10	394±33	422±33	2010
nov-19	121±21	88±16	2670±220	2650±206	13200
jul-20 (before chemical Reg)	149±21	51±8	2680±211	2310±147	17395
jul-20 (after chemical Reg)	28±5	37±6	996±82	1124±147	17395
nov-20	110±11	76±9	1180±100	1180±90	26523
feb-21	102±11	90±10	1970±250	1950±120	33017

TANQUE 2					
Fecha	U-234 (Bq/kg)	U-238 (Bq/kg)	Ra-226 (Bq/kg)	Ra-228 (Bq/kg)	V (m3)
Material Inerte	46±6	47±6	32±3	28±3	0
may-19	109±12	90±10	58±5	58±5	2010
nov-19	136±18	109±15	290±14	307±24	13200
jul-20 (before chemical Reg)	124±12	104±10	406±34	377±25	17395
jul-20 (after chemical Reg)	133±10	105±12	167±10	177±16	17395
nov-20	106±15	86±13	1297±107	1338±109	26523
feb-21	96±9	84±8	1080±180	990±16	33017

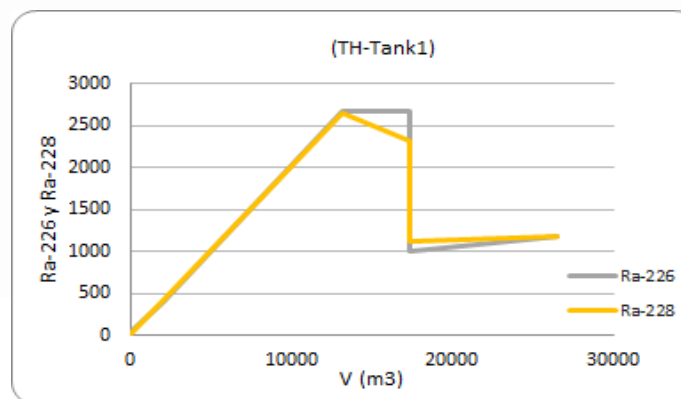
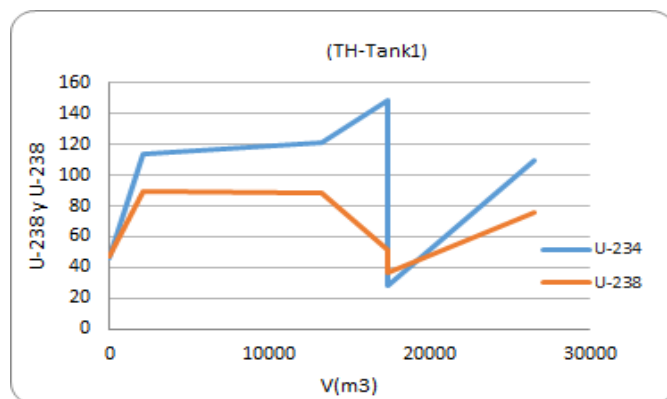
**RELLENOS CON ALTA CONCENTRACIÓN DE RADIONÚCLEIDOS.  
REGENERACIÓN QUÍMICA CON KCl.**





## REGENERACIÓN DE LECHOS FILTRANTES MEDIANTE TRATAMIENTO CON DISOLUCIÓN CONCENTRADA DE KCl. T1 DE TAHAL.

La regeneración permite controlar la acumulación de radionucleidos evitando la generación de residuos NORM



11 dosis de disolución de KCl,  
 Ratio en peso KCl/Material filtrante = 1,06  
 (639 kg de KCl)  
 Volumen tratado hasta la regeneración  
 (T1) = 17325 m<sup>3</sup>  
 Tiempo de contacto por lote = 90 minutos

Se incorpora la regeneración cada 2000 m<sup>3</sup> tratados y el contralavado a pH 6 a la estrategia de operación de la planta

### Removal porcentajes

Ra-226	Ra-228	U-238	U-234
63	51	27	81

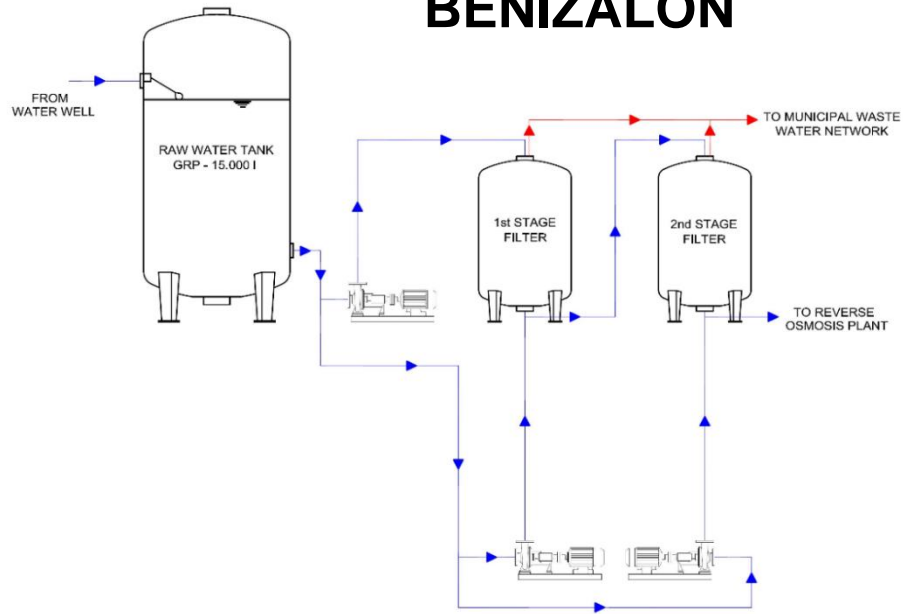
Gamma dentro de los tanques  
 Tanque 1 (de 1,04 a 0,66 μSv/h)  
 Tanque 2 (de 0,3 a 0,14 μSv/h)

# Resultados Consumos de Agua y Energía

Plantas ALCHEMIA vs Plantas de Ósmosis inversa

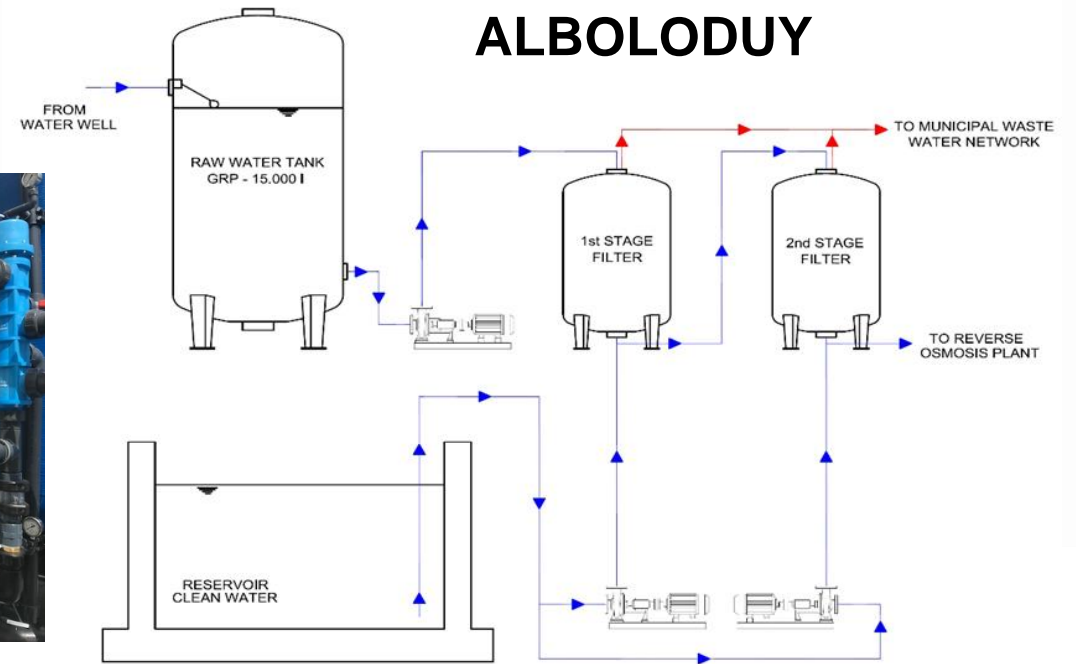
## DESCRIPCIÓN PLANTAS Alchemia

### BENIZALÓN



- Tanque de agua bruta garantiza la estabilidad del flujo
- Filtración y retrolavado con bombas
- Retrolavado con agua bruta
- Restricciones importantes de agua durante el verano
- Tanque de agua bruta provisto de aireación

### ALBOLODUY



- Tanque de agua bruta garantiza la estabilidad del flujo
- Filtración y retrolavado con bombas
- Depósito de agua limpia para retrolavado
- Tanque de agua bruta provisto de aireación

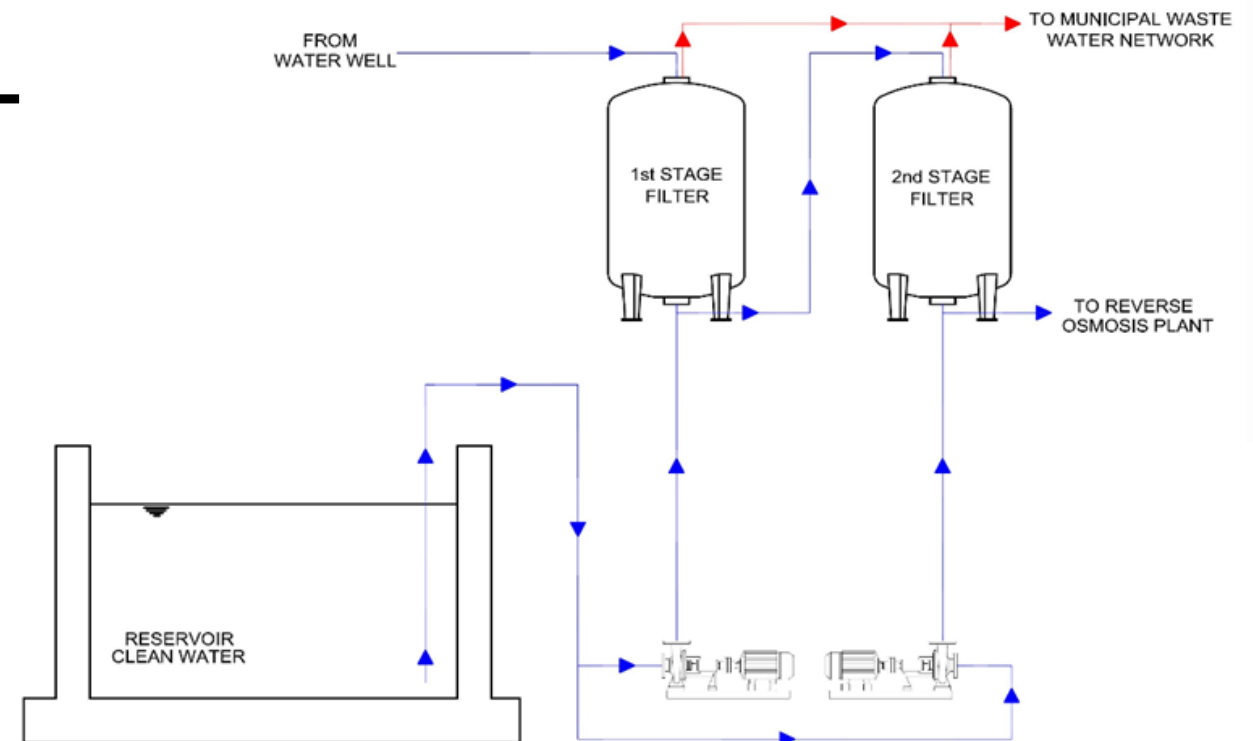


## DESCRIPCIÓN PLANTAS Alchemia



### TAHAL

- ❑ Pozos de suministro 100 m más altos que la ubicación de la planta.
- ❑ La operación de filtración se lleva a cabo sin bomba.
- ❑ Agua limpia del depósito para el retrolavado



## PLANTAS ALCHEMIA vs PLANTAS OSMOSIS INVERSA

Datos recogidos entre 12/2019 y 06/2021

	ALBOLODUY	BENIZALON	TAHAL
Fecha	03/06/2021	03/06/2021	03/06/2021
ALCHEMIA PLANT WATER TREATED (m3)	22.739	3.906	37.037
ALCHEMIA PLANT DRINKING WATER PROCUCED (m3)	20.312	2.989	33.278
REVERSE OSMOSIS PLANT WATER TREATED (m3)	152.595	30.651	43.206
REVERSE OSMOSIS PLANT DRINKING WATER PROCUCED (m3)	88.718	19.459	26.858
ALCHEMIA INDICATOR (ALCHEMIA WATER TREATED (m3)/ALCHEMIA PLANT DRINKING WATER PROCUCED (m3))	1,12	1,31	1,11
ALCHEMIA INDICATOR (RO PLANT TREATED (m3)/RO PLANT DRINKING WATER PROCUCED (m3))	1,72	1,58	1,61
ALCHEMIA REJECTION (%)	11	24	10
RO REJECTION (%)	42	37	38
WATER REJECTION REDUCTION (%)	74	35	74

**RESULTADOS MEJORABLES REDUCIENDO LOS TIEMPOS Y FRECUENCIA DE LAVADOS**

## PLANTAS ALCHEMIA vs PLANTAS OSMOSIS INVERSA

Datos recogidos entre 12/2019 y 06/2021

	ALBOLODUY	BENIZALON	TAHAL
FECHA	03/06/2021	03/06/2021	03/06/2021
KWh ALCHEMIA ENERGY CONSUMPTION	5.585	858	859
KWh REVERSE OSMOSIS ENERGY CONSUMPTION	97.718	19.958	34629
ALCHEMIA PLANT DRINKING WATER PROCUCED (m3)	22.739	3.906	37.037
REVERSE OSMOSIS PLANT DRINKING WATER PROCUCED (m3)	152.594	30.651	43.206
ALCHEMIA INDICATOR= KWh ENERGY CONSUMPTION/DRINKING WATER PROCUCED (m3)	0,27	0,29	0,02
REVERSE OSMOSIS INDICATOR= KWh ENERGY CONSUMPTION/DRINKING WATER PROCUCED (m3)	0,90	1,40	1,30
ENERGY CONSUMPTION REDUCTION (%)	70	80	98.5

**RESULTADOS MEJORABLES REDUCIENDO LOS TIEMPOS Y FRECUENCIA DE LAVADOS**



# Resultados

## Seguridad del entorno de trabajo

## Seguridad del entorno de trabajo: Evaluación de la emisión de radón y rayos gamma.

### VISITA DE CONTROL DEL CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR (11/09/2020)



- Supervisión de la operación en plantas piloto de Tahal y Benizalón.
- Toma de medidas radiológicas con sus equipos y con el equipo de supervisión del proyecto ALCHEMIA

Informe de inspección sobre seguridad del medio ambiente de trabajo en las plantas piloto de Tahal y Benizalón



Gamma en diversos lugares de las plantas  
**0,15 – 0,17  $\mu\text{Sv/h}$**   
(sin restar radiación de fondo  $\approx 0,12 \mu\text{Sv/h}$ )

RADÓN cerca de los tanques por debajo del límite de cuantificación  
**< QL (20 Bq/m<sup>3</sup>)**

# Conclusiones



## CONCLUSIONES

La tecnología de lechos catalíticos filtrantes basados en  $\text{MnO}_2$  es sensible a la composición del agua a tratar, no solo respecto a los radionucleidos presentes sino también al resto de aniones y cationes.

Altos contenidos en hierro (TH y BZ) favorecen la coprecipitación del Ra y U mientras que la alta salinidad de las aguas (AB) compite reduciendo la eficacia de los lechos.

Aspecto a tener en cuenta en ETAPs alimentadas por varios sondeos.

Los resultados relativos a la eliminación de radionucleidos muestran la estrecha relación con la eliminación de hierro. La operación de la planta sin adición de reactivos da buenos resultados, no obstante, puede optimizarse el mediante el control del pH y la adición de reactivos que aumenten el ORP para promover la coprecipitación del uranio con hierro y manganeso.

La operación de retrolavado puede optimizarse para aumentar la vida útil del filtro evitando convertirse en residuos NORM y dilatando la necesidad de realizar regeneraciones.

## CONCLUSIONES

La regeneración química con KCl se presenta como una estrategia de control de la acumulación de radionucleidos en los lechos filtrantes.

Los resultados muestran como a pesar de la acumulación de radionucleidos en los materiales filtrantes, el ambiente de trabajo no supone el mínimo riesgo radiológico a los operarios.

En cuanto a la operación hidráulica, se ha logrado un funcionamiento estable de las plantas debido al óptimo diseño y construcción. En este sentido, se han demostrado importantes ahorros de agua ( $\approx 80\%$ ) y energía ( $\approx 85\%$ ) en comparación con la ósmosis inversa.



**TOWARDS A SMART &  
INTEGRAL TREATMENT OF  
NATURAL RADIOACTIVITY  
IN WATER PROVISION  
SERVICES**



**Gracias por su atención**



**Isabel Rodríguez Ruano  
Guadalupe Pinna Hernández  
F. Javier Martínez Rodríguez  
José L Casas López**



DIPUTACIÓN  
DE ALMERÍA