



Proceso global para la eliminación electroquímica de nitratos, con aprovechamiento energético del hidrógeno obtenido y valorización del contenido salino residual para la recuperación del agua de rechazo de plantas de electrodiálisis reversible

Doctorando: Francisco Javier Sanchis Carbonell

Directores tesis doctoral: Pilar Campins Falcó^a; Vicente Montiel Leguey^b

^a Universidad de Valencia; ^b Universidad de Alicante.



INSTITUTO
DE ELECTROQUÍMICA
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Introducción

Objetivo

Metodología

Plan Investigación

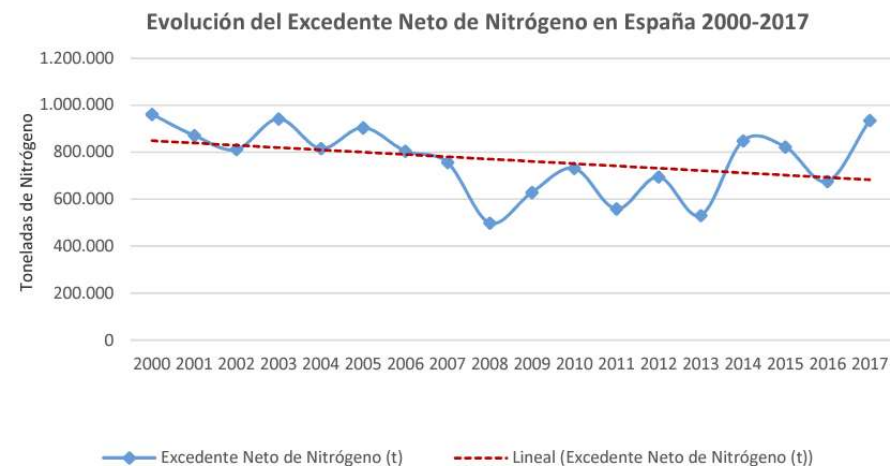
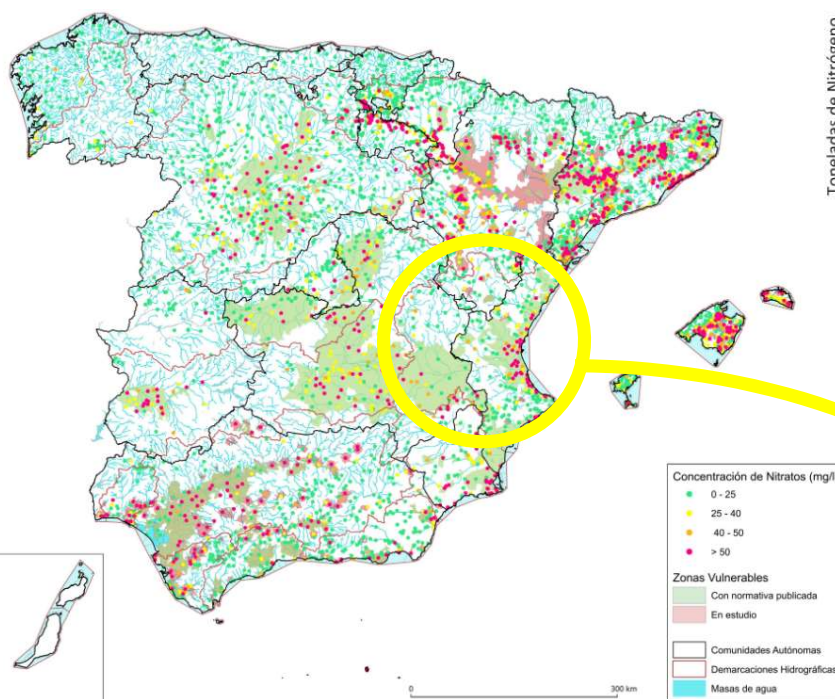
Resultados Iniciales

Introducción



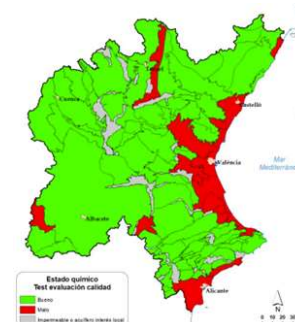
INSTITUTO
DE ELECTROQUÍMICA
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Masas de Aguas Subterráneas con Nitratos



<https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas>

<https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/informe-2016-2019>

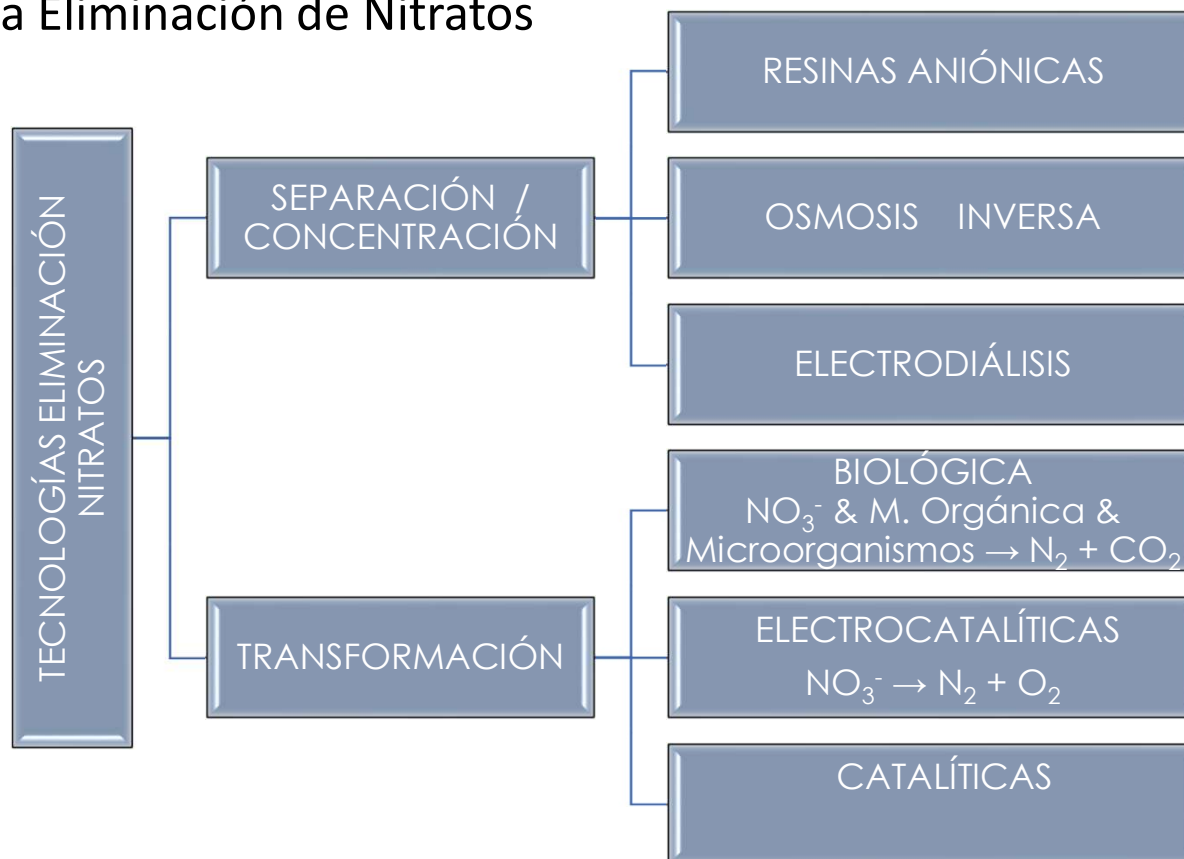


<https://www.chj.es>. PH 2022-27. Masas subterránea nitratos.

Introducción



Tecnologías para la Eliminación de Nitratos

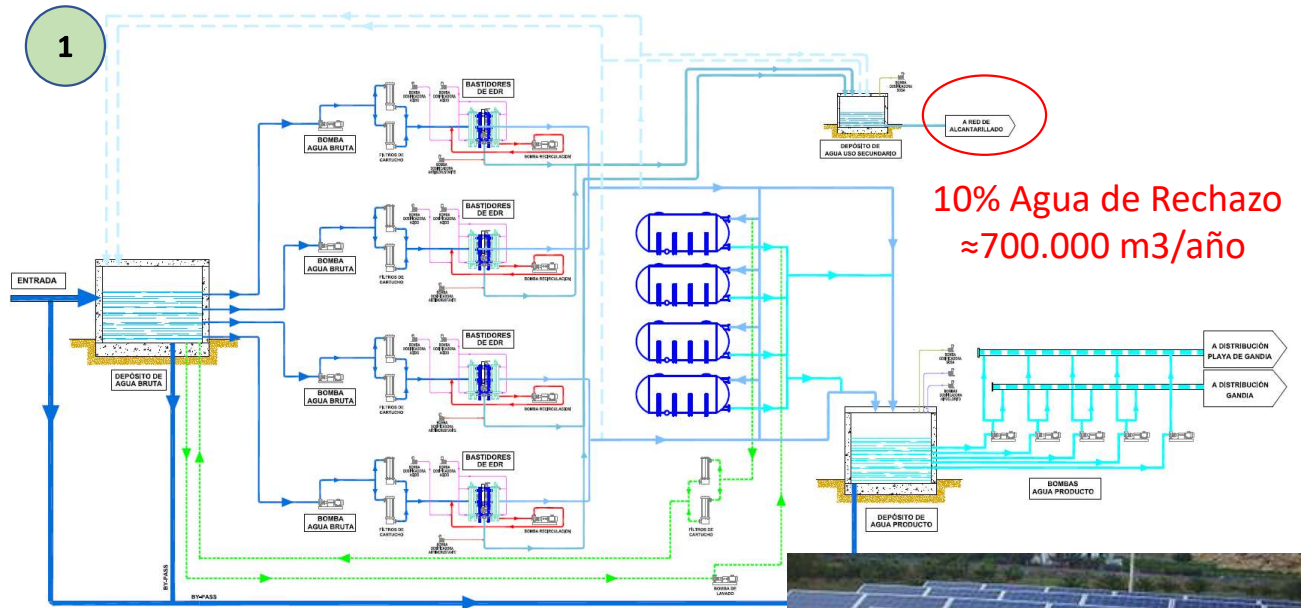


Introducción



INSTITUTO
DE ELECTROQUÍMICA
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Potabilización Electrodiálisis Reversible QN 32.000 m³/d



Figuras Planta EDR Gandia:

1. Digrma Flujo.
2. Pilas EDR.
3. Planta Solar Fotovoltáica en cubierta.



Objetivo



INSTITUTO
DE ELECTROQUÍMICA
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

El objetivo principal es validar a escala industrial, un proceso global con diferentes tecnologías con la desnitrificación electroquímica como parte central, para recuperar agua de rechazo con alta salinidad (ZLD).

Objetivos Específicos de la tesis:

1

- Recuperar agua de rechazo con altas concentraciones en nitratos, del proceso de Potabilización de Electrodialisis Reversible.

2

- Eliminación de nitratos por vía electroquímica.

3

- Valorización de residuos (sales) obtenidos en el proceso.

4

- Valorización de la corriente de hidrógeno.

5

- Acoplamiento energía solar fotovoltaica al proceso de electrodesnitrificación para minimizar el gasto energético.

Metodología



INSTITUTO
DE ELECTROQUÍMICA
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

El objetivo de la Técnica de Ablandamiento es proporcionar una agua con niveles de Calcio y Magnesio lo menor posible, para evitar deposiciones en los electrodos del reactor electroquímico.

Parámetros	Resultados	Unidades
# Bicarbonatos	>732	mg/l HCO ₃
# Calcio disuelto	755	mg/l Ca
Cloruros	593	mg/l Cl
# Dureza Total (Tit. Hidrot.)	290	°F
# Magnesio disuelto	240	mg/l Mg
Nitratos	400	mg/l NO ₃
Nitrógeno Nitrico	90,2	mg/l N
Nitrógeno amoniacal	<1,2	mg/l N
Sulfatos	789	mg/l SO ₄
# Tit. Alcalim. Completo	>600	mg/l CaCO ₃
pH	7,0	u. pH
Conductividad a 20 °C	4.000	µS/cm
Bario disuelto	210	µg/l Ba
Boro disuelto	0,024	mg/l B
Estroncio disuelto	3,02	mg/l Sr
Potasio disuelto	3,9	mg/l K
Sodio disuelto	50	mg/l Na
Fluoruros	0,62	mg/l F
# Sílice soluble	9,1	mg/l SiO ₂
Sólidos disueltos totales	2.600	mg/l
Sólidos en Suspensión	2,4	mg/l

Tabla agua corriente rechazo EDR



Filtro 50 L resina catiónica

Dimensionado filtro Resina Intercambio:

$$\text{Vol. tratado (mL)} = \frac{\frac{44 \text{ mg Ca}}{1 \text{ g resina}} \cdot \text{g resina}}{\frac{755 \text{ mg Ca}}{1 \text{ L agua rechazo}}}$$

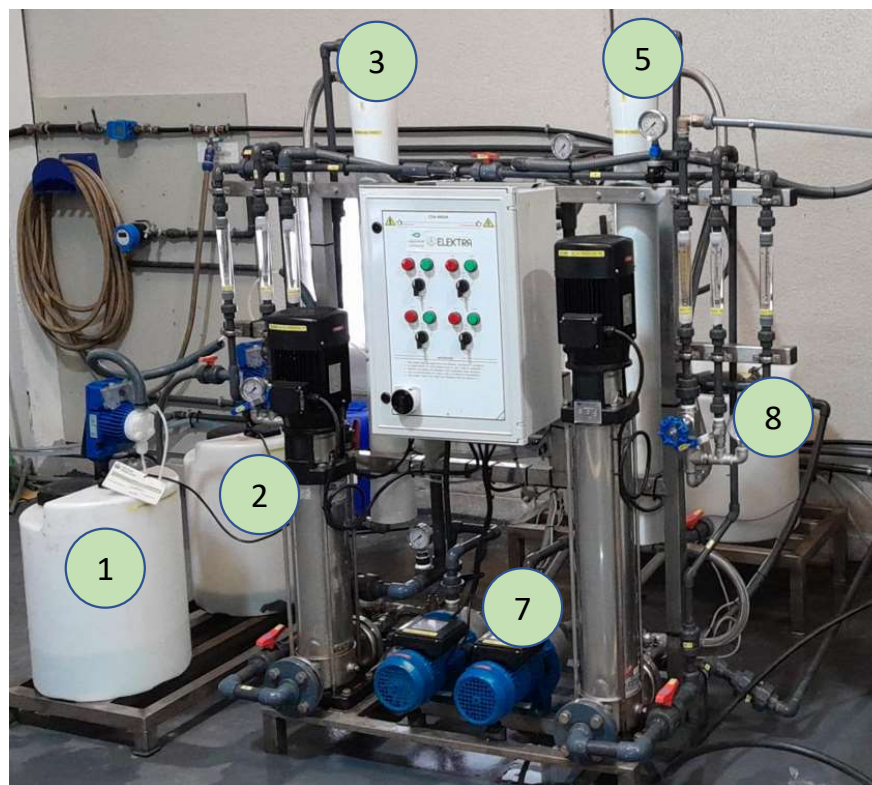
Metodología



INSTITUTO
DE ELECTROQUÍMICA
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

El objetivo de la Técnica en Osmosis Inversa es maximizar la recuperación del agua y concentrar al máximo los nitratos para reducir reacciones paralelas en reactor electroquímico. Minimizar la adición de reactivos que incrementan la conductividad, y con el mínimo consumo específico energético.

1. Dosificación antiincrustante.
2. Dosificación ácido.
3. Bomba alta etapa 1, 10 bar.
4. Etapa 1ª osmosis inversa con recirculación del concentrado.
5. Bomba alta etapa 1, 18 bar.
6. Etapa 2ª osmosis inversa con recirculación del concentrado.
7. Bomba flushing.
8. Depósito flushing.

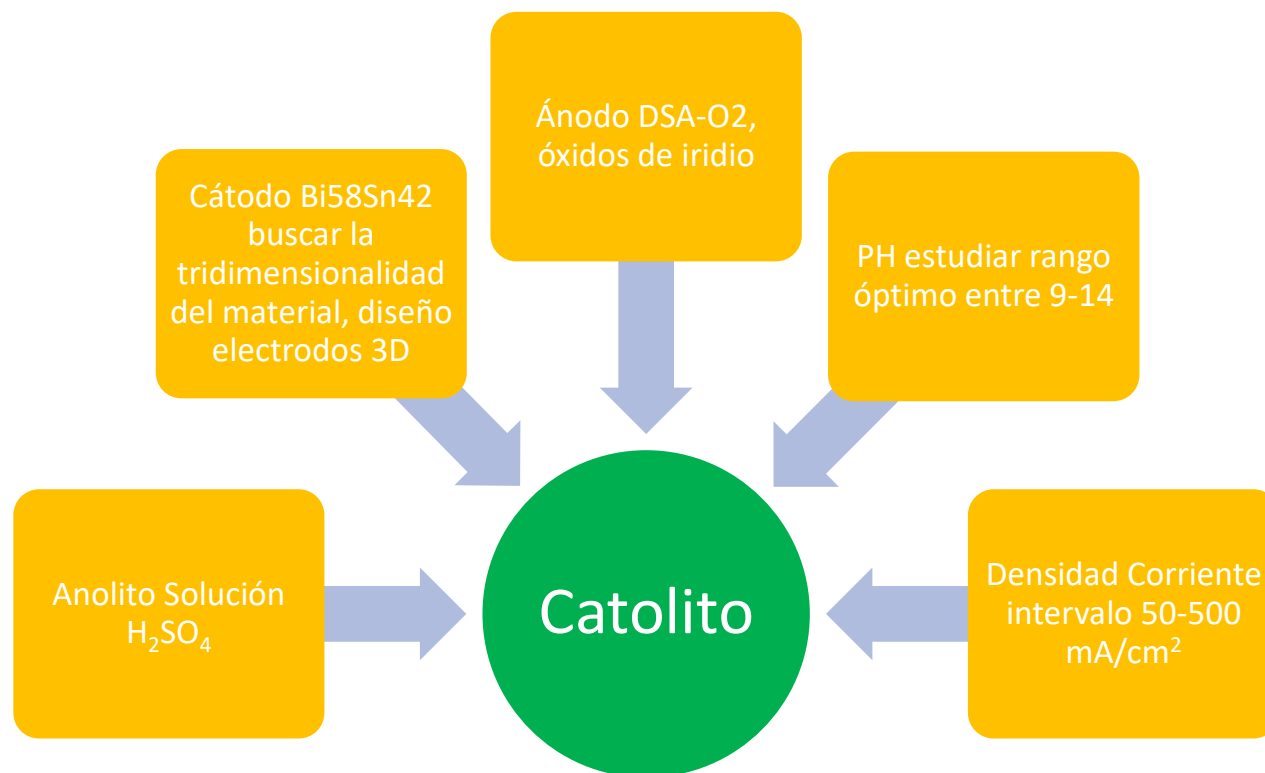


Sistema Osmosis Inversa

Metodología



El objetivo de la Técnica en el Reactor Electroquímico es determinar la densidad de corriente mA/cm^2 , el pH, la tridimensionalidad del material del cátodo con el diseño de nuevos electrodos 3D.

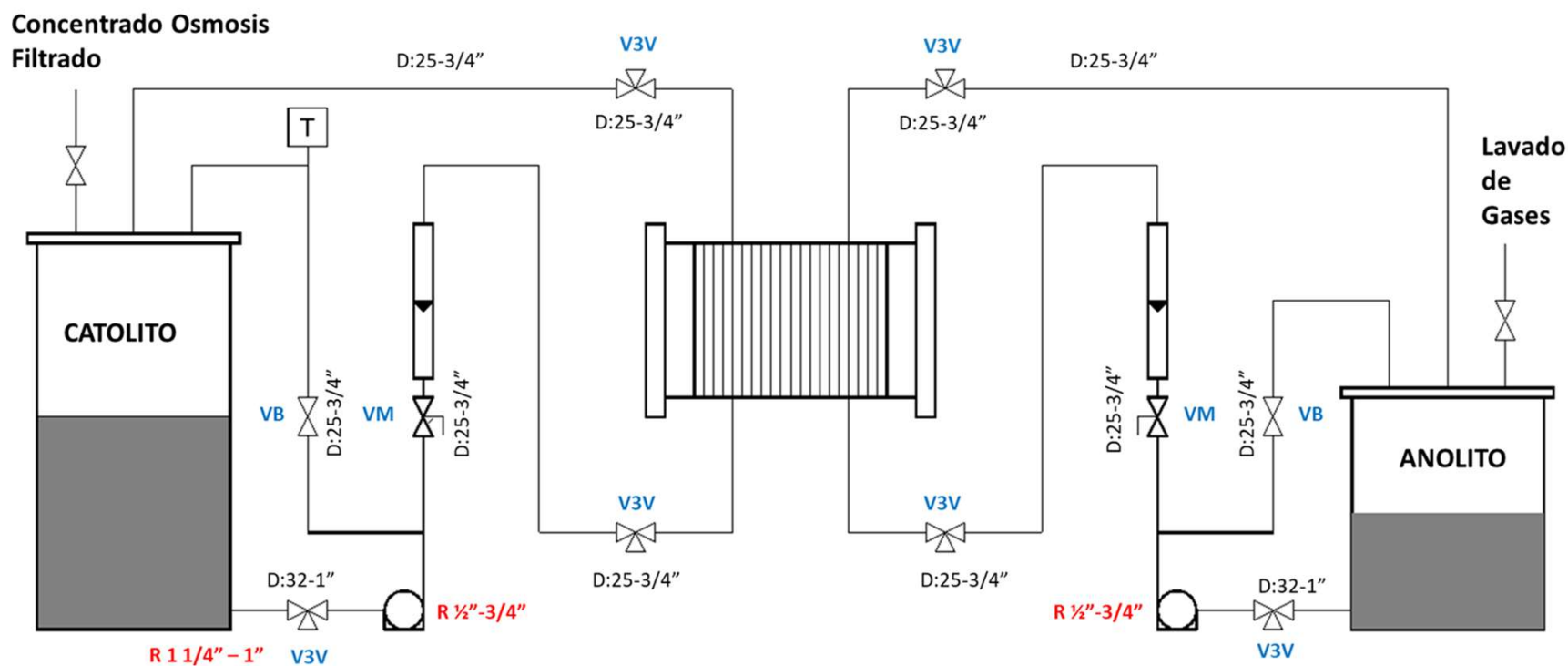


Reactor Electroquímico 3 celdas, 1 m²

Metodología

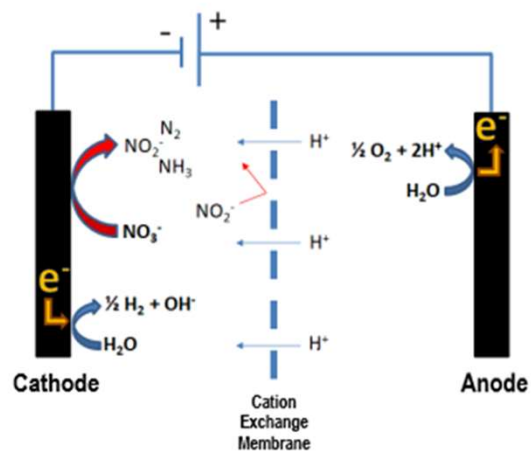
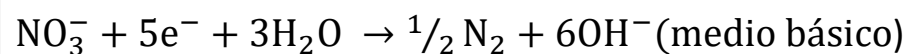
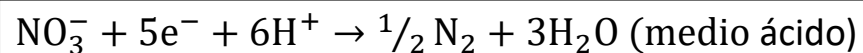


Se analizará en el Reactor Electroquímico el funcionamiento modo batch frente a continuo y bipolar frente a monopolar.

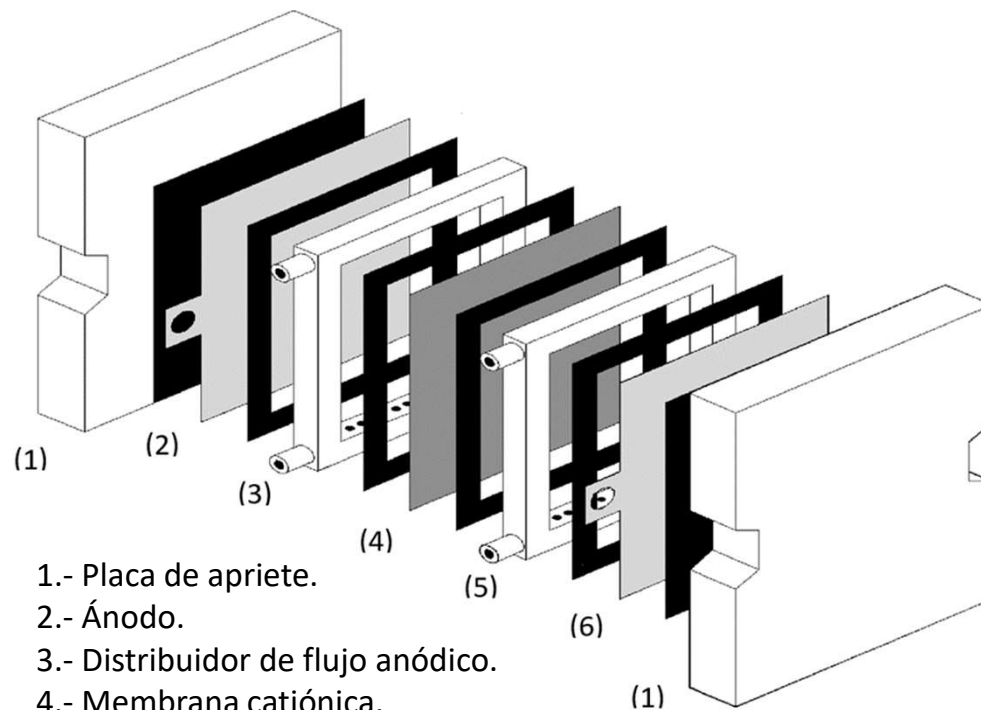


Metodología

Proceso Electroquímico Eliminación Nitratos



Compuestos no deseables a evitar:
 NO_2^- , NH_3 , NO , NO_2 , N_2O , N_2H_4 , NH_2OH



- 1.- Placa de apriete.
- 2.- Ánodo.
- 3.- Distribuidor de flujo anódico.
- 4.- Membrana catiónica.
- 5.- Distribuidor de flujo catódico.
- 6.- Cátodo.

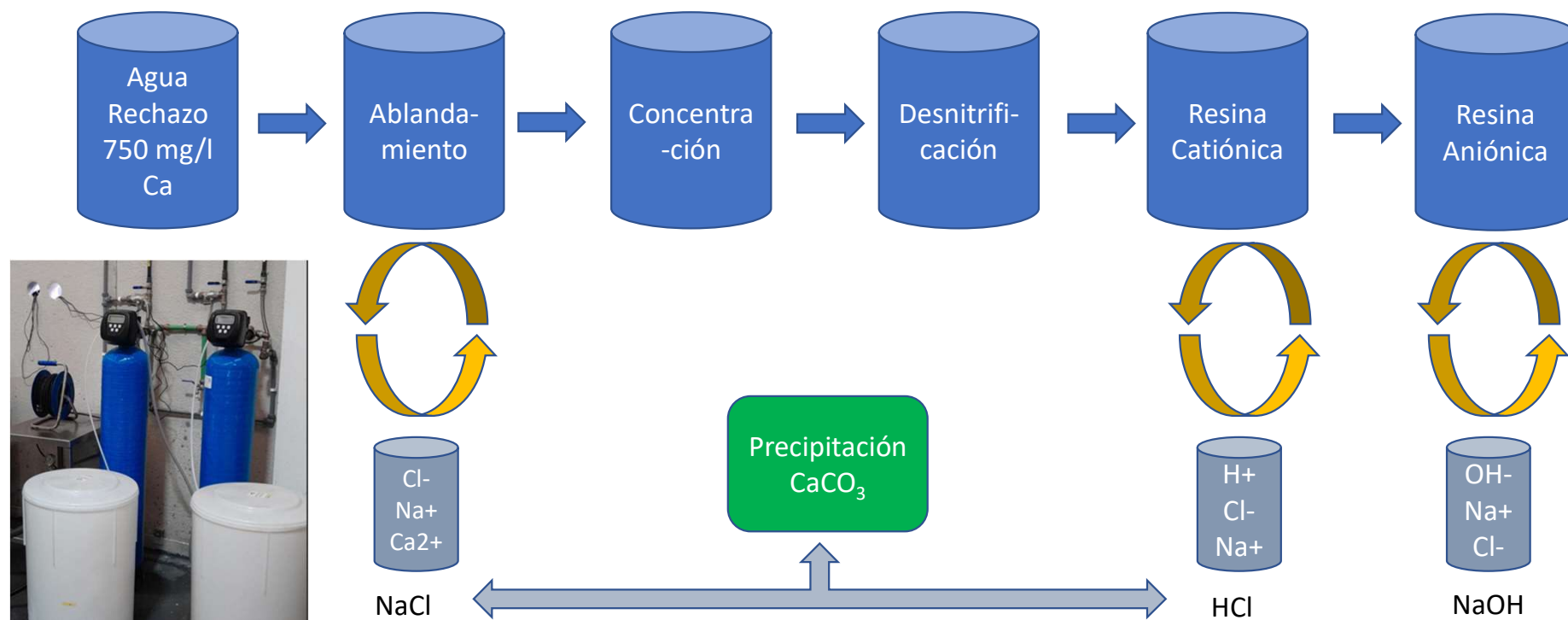
Las juntas de elastómero de sellado y aislamiento eléctrico aparecen en la figura en negro sin numerar.

Metodología



INSTITUTO
DE ELECTROQUÍMICA
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Desmineralización & valorización corrientes salinas



50L Catiónica & 50L Aniónica

Metodología



INSTITUTO
DE ELECTROQUÍMICA
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

El objetivo de la Técnica en Aprovechamiento Energético del H_2 generado como subproducto en el reactor electroquímico, pasa por obtener un H_2 de alta pureza, eliminando los restos de NH_3 , H_2O y O_2 .

1. Trampa H_2SO_4 , retener en su caso gas NH_3 .
2. Purificador para condensar H_2O y eliminar O_2 modelo Orion Z01.
3. Compresor, KNF modelo 630.15SP.13E, 8.5 bar.
4. Almacenamiento hidruros, modelo MyH2, capacidad 600 litros de H_2 a presión 5-12 bar.
5. Pila combustible, modelo FCS-C100 H-100 de Horizon Fuel Cell Technology.



Metodología



INSTITUTO
DE ELECTROQUÍMICA
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

El objetivo de la Técnica de Acoplamiento de Energía Solar Fotovoltaica al proceso de electrodesnitrificación para minimizar el gasto energético.

Determinar
superficie
paneles
requerida

Horas
funcionamiento
proceso

Acoplamiento
energético
corriente
continua (DC)

Sostenibilidad
Ambiental

European
Green Deal

Potencia paneles fotovoltaicos 200 Wp/m²

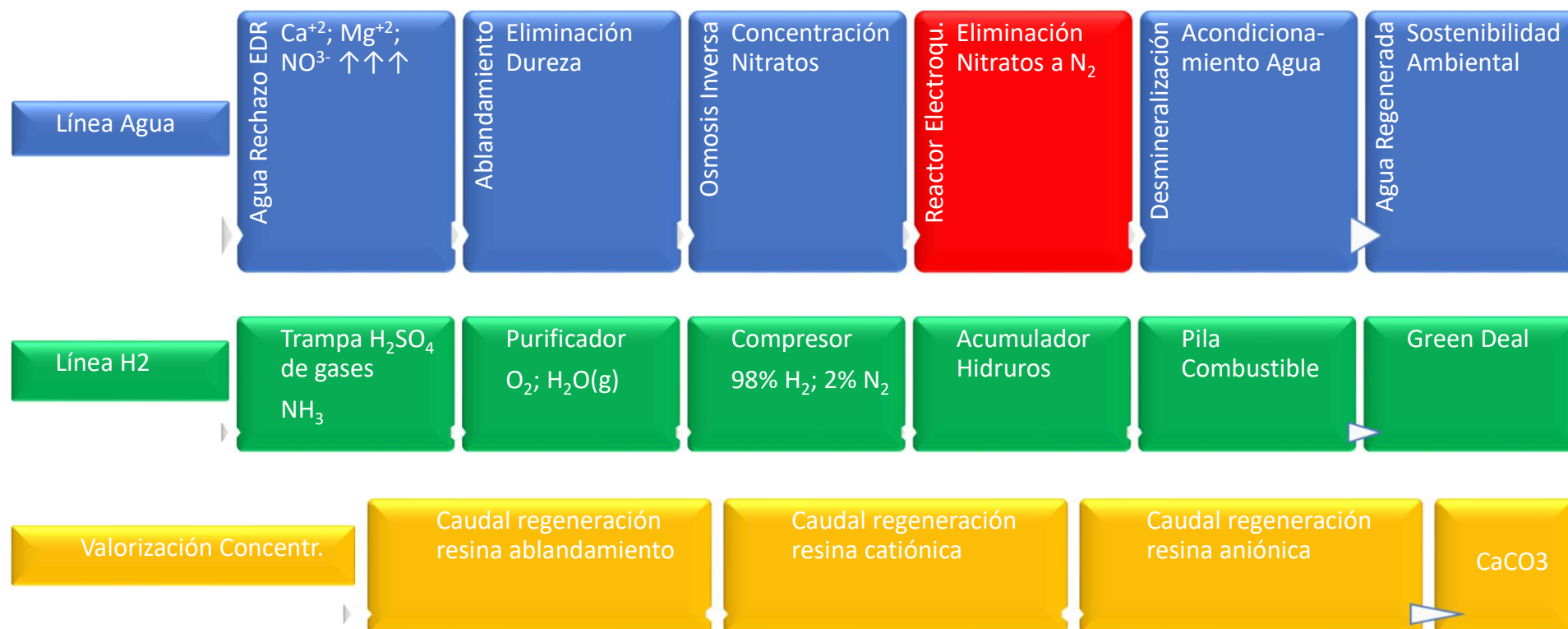


Esquema propuesto planta piloto (foto DESSOL Project)

Metodología



Reutilización Agua Rechazo, Eliminación NO_3^- , Aprovechamiento H_2 Generado, Valorización Sales, Energía Fotovoltaica.



Plan Investigación



Cronograma

[illegible]

Resultados Iniciales



INSTITUTO
DE ELECTROQUÍMICA
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Calidad Agua

Parámetro	Unidades	Agua Subterránea	Rechazo	Abalndamiento	Permeado Osmosis	Concentra. Osmosis
Bicarbonatos	mg/l HCO ₃	260	1.050	1.068	214	4.282
Calcio disuelto	mg/l Ca	94	755	< 10	0,1	62
Magnesio disuelto	mg/l Mg	29	240	< 2	0,1	12
Nitratos	mg/l NO ₃	56	400	420	23,6	1.567
Dureza	°F	34	290	< 2		
pH	u. pH	7,6	7	7,45	5,4	6,53
Conductividad 20°C	μS/cm	680	4.000	4.267	203,1	18.280
Sodio disuelto	mg/l Na	23	50	1.256	107	4.704
Cloruros	mg/l Cl	45,8	593	605	52	2.591
Sulfatos	mg/l SO ₄	83,7	789	805		2.134
Potasio	mg/l K	1,3	3,9			173

Resultados Iniciales



INSTITUTO
DE ELECTROQUÍMICA
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Consumo energético

Unidades referidas lote 50L Reactor Electroquímico	Unidades
Agua alimentación EDR	2.000 L
Agua producto EDR	1.800 L
Agua concentrado EDR	200 L
Consumo energía EDR 2.000 L	0,59 kWh
Volumen agua concentrado	200 L
Agua permeada O.I. (75%)	150 L
Agua concentrado O.I. (25%)	50 L
Agua celda electroquímica	50 L
Consumo energía O.I. por 50 L concentrado	0,38 kWh
Consumo energía celda Electroquímica lote 50 L	6,39 kWh
Producción energía H2 generado lote 50 L	-0,54 kWh
Consumo energético Piloto Elektra (200 L)	6,23 kWh
Consumo específico Global por m3 (EDR + Piloto)	3,41 kWh/m3



Doctorado en Electroquímica del medio ambiente

Doctorando: Francisco Javier Sanchis Carbonell

Directores tesis doctoral: Pilar Campins Falcó^a; Vicente Montiel Leguey^b

^a Universidad de Valencia; ^b Universidad de Alicante.