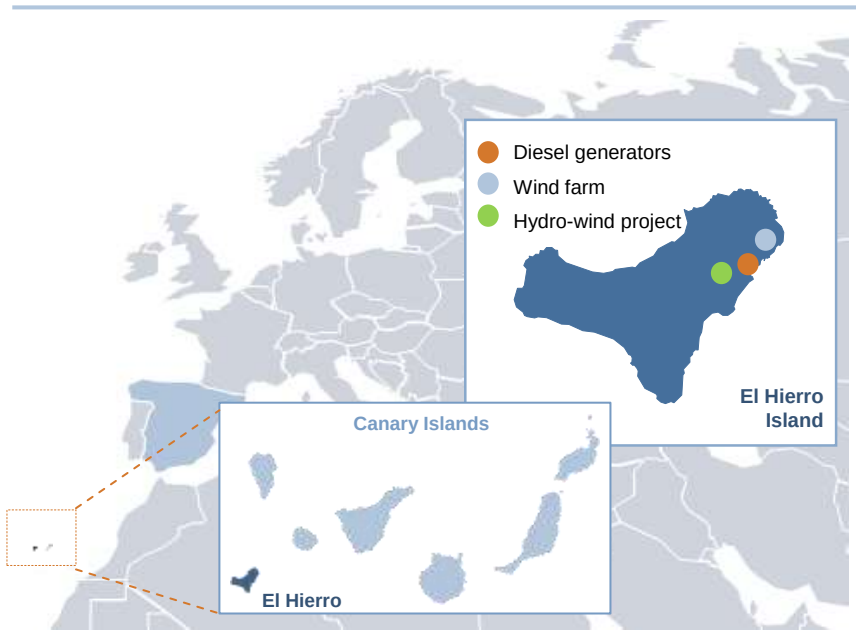


# CENTRAL HIDROEÓLICA DE EL HIERRO



- ORIGEN DEL PROYECTO
  - Isla de El Hierro: Reserva de la Biosfera
  - Plan de autosostenibilidad energética
  - Nueva política energética global y de cambio climático: ERenovables



Área: 103.75 km<sup>2</sup>  
Población: 10.700  
Consumo: 35 GWh  
Punta: 7.56 MW  
Pot.Inst.: 11.36 MW





# EL HIERRO, RESERVA DE LA BIOSFERA



EL PROMOTOR  
Sociedad Gorona del Viento, S.A.



- INGENIERIA CONTRATADA
  - IDOM Engineering, Architecture, Consulting

- DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL
  - Objeto de la Central
    - Suministrar el máximo de la potencia demandada por la isla a través de energías renovables
  - Concepto Básico
    - Gran potencial eólico en la isla
    - Suministrar la demanda insular a través de un parque eólico
    - Compensar las desviaciones potencia-generación mediante un elemento de regulación hidráulico
    - Almacenamiento energético
  - El Reto
    - Estabilidad eléctrica del sistema
    - Obra Civil, integración en la Topografía, Geología, Medioambiente



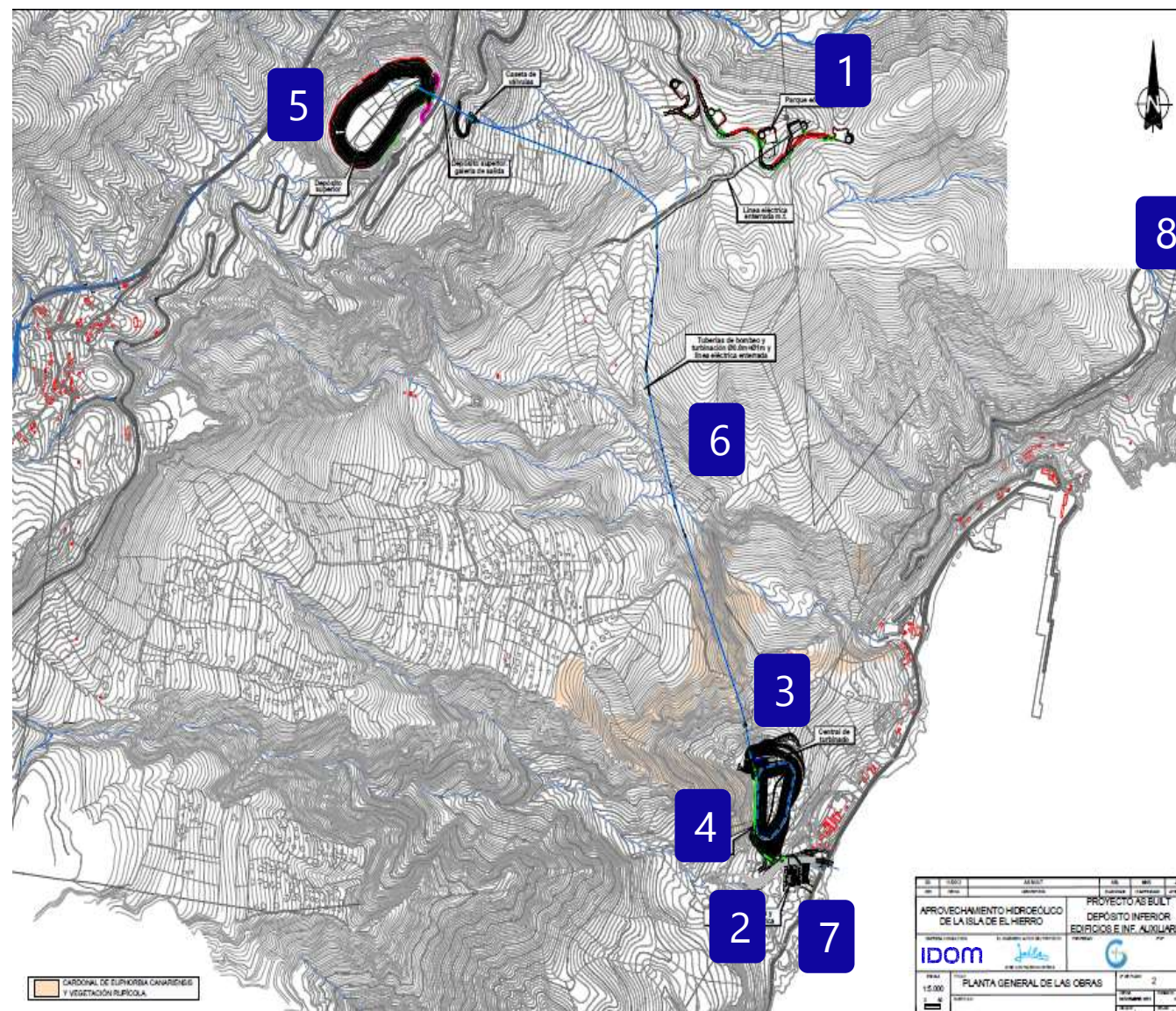
- OBJETIVO FINAL: SUMINISTRO DE LA ISLA CON RENOVABLES
- EL PROYECTO EVITA EMISIONES DE CO<sub>2</sub>:
  - 6.000 Tm de Fuel Oil Anual
  - 40.000 Barriles Petróleo
  - 18,700 Tm de emisiones CO2 Anual
- PROYECTO EXPORTABLE A OTROS SISTEMAS AISLADOS:
  - Estudios de viabilidad en distintos lugares del mundo, Creta, Madeira, Angola, Alaska.... Concepto replicable en otros lugares con las condiciones adecuadas





## Esquema de la central

1. Parque Eólico
2. Estación de Bombeo
3. Central Hidroeléctrica
4. Depósito Inferior
5. Depósito Superior
6. Conducciones Forzadas
7. Subestación
8. Desaladora



ENERGÍA RENOVABLE – RECURSO PRIMARIO: VIENTO

SISTEMA COMPLEMENTARIO

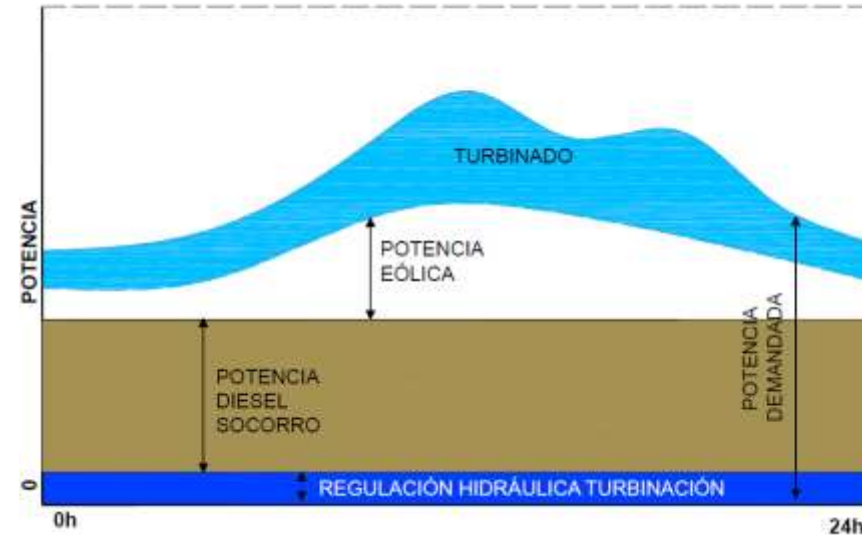
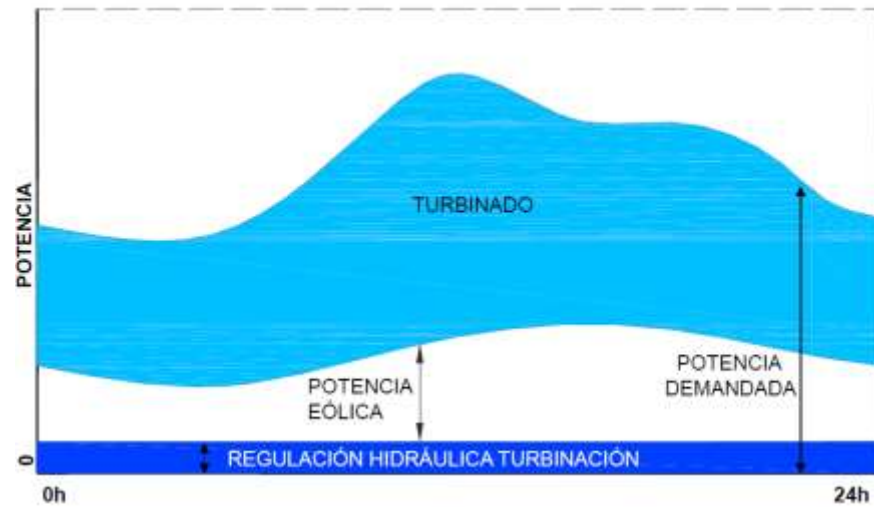
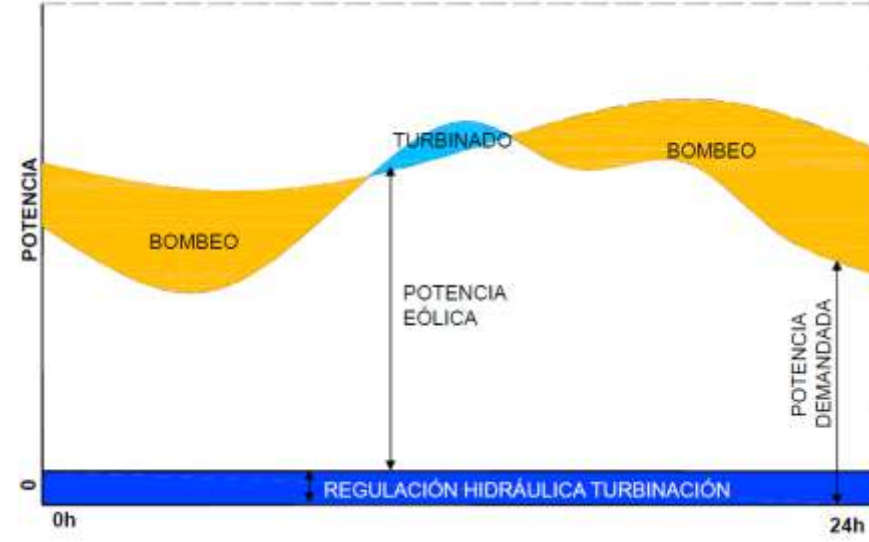
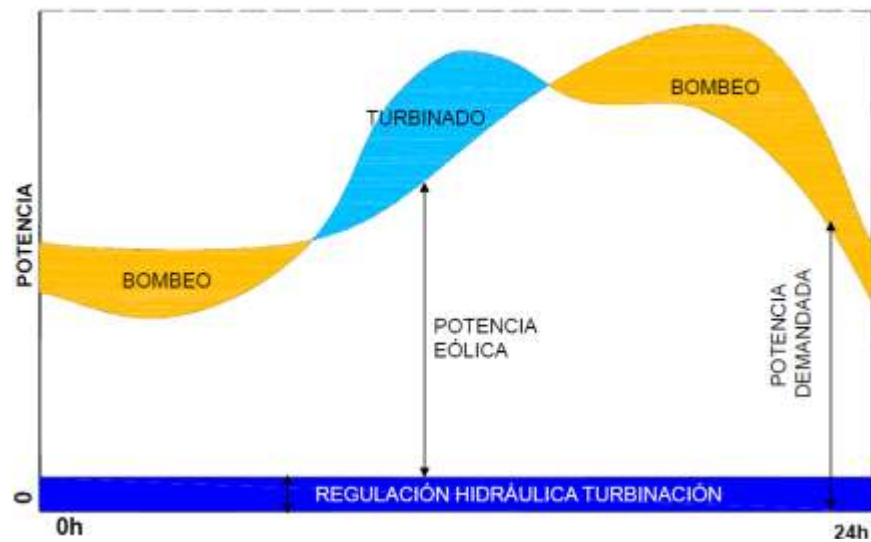
CAPACIDAD  
ALMACENAMIENTO

ESTABILIDAD  
DE RED

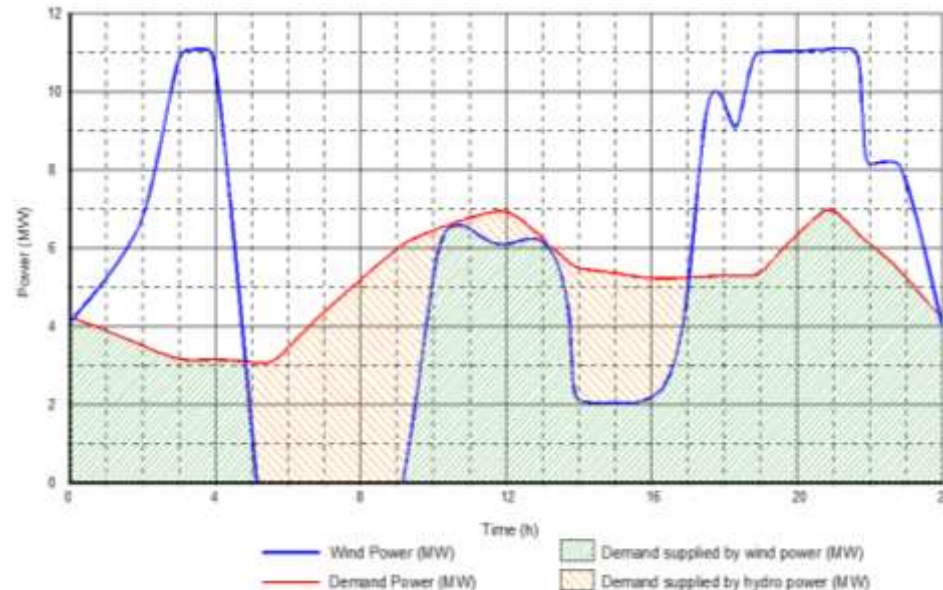
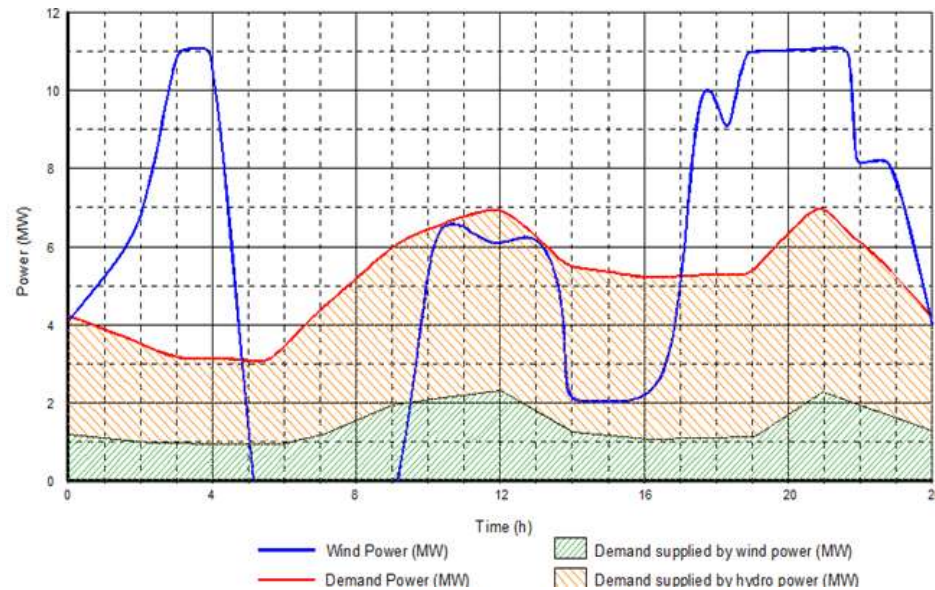
GARANTÍA  
SUMINISTRO

CENTRAL HIDRAULICA REVERSIBLE





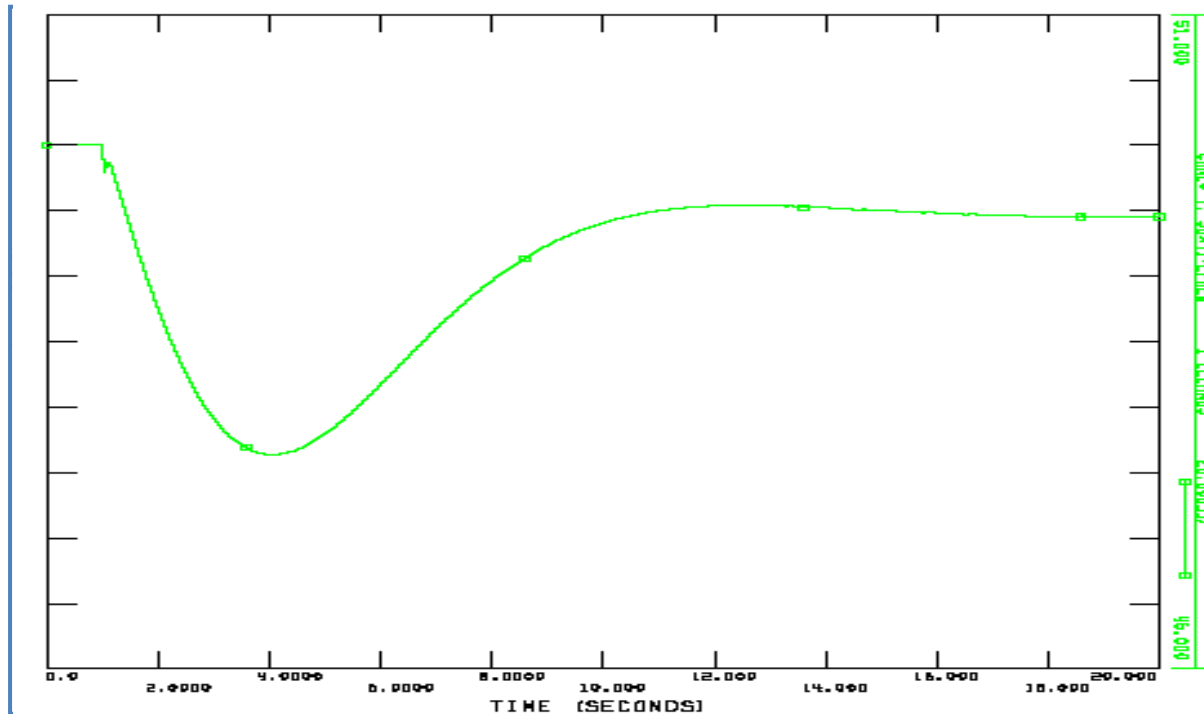
## ENERGÍA EÓLICA EVACUADA DIRECTAMENTE A LA RED = MEJORA EFICIENCIA SISTEMA



- CRITERIO BÁSICO DE OPERACIÓN: MAXIMIZAR LA ENERGÍA EÓLICA INYECTADA DIRECTAMENTE A LA RED PARA CUBRIR LA DEMANDA
  - SI POTENCIA EÓLICA > DEMANDA: BOMBEO
  - SI POTENCIA EÓLICA < DEMANDA: PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA
- ESCENARIO CON DEPÓSITO LLENO O NIVEL ALTO: 100% ENERGÍA EÓLICA DESTINADA A CUBRIR LA DEMANDA
- ESCENARIO CON DEPÓSITO VACÍO O CON NIVEL BAJO: PARTE DE LA ENERGÍA SUMINISTRADA AL BOMBEO

SIN LIMITACION EN LA ENERGÍA EÓLICA DIRECTAMENTE EVACUADA A LA RED (100%)





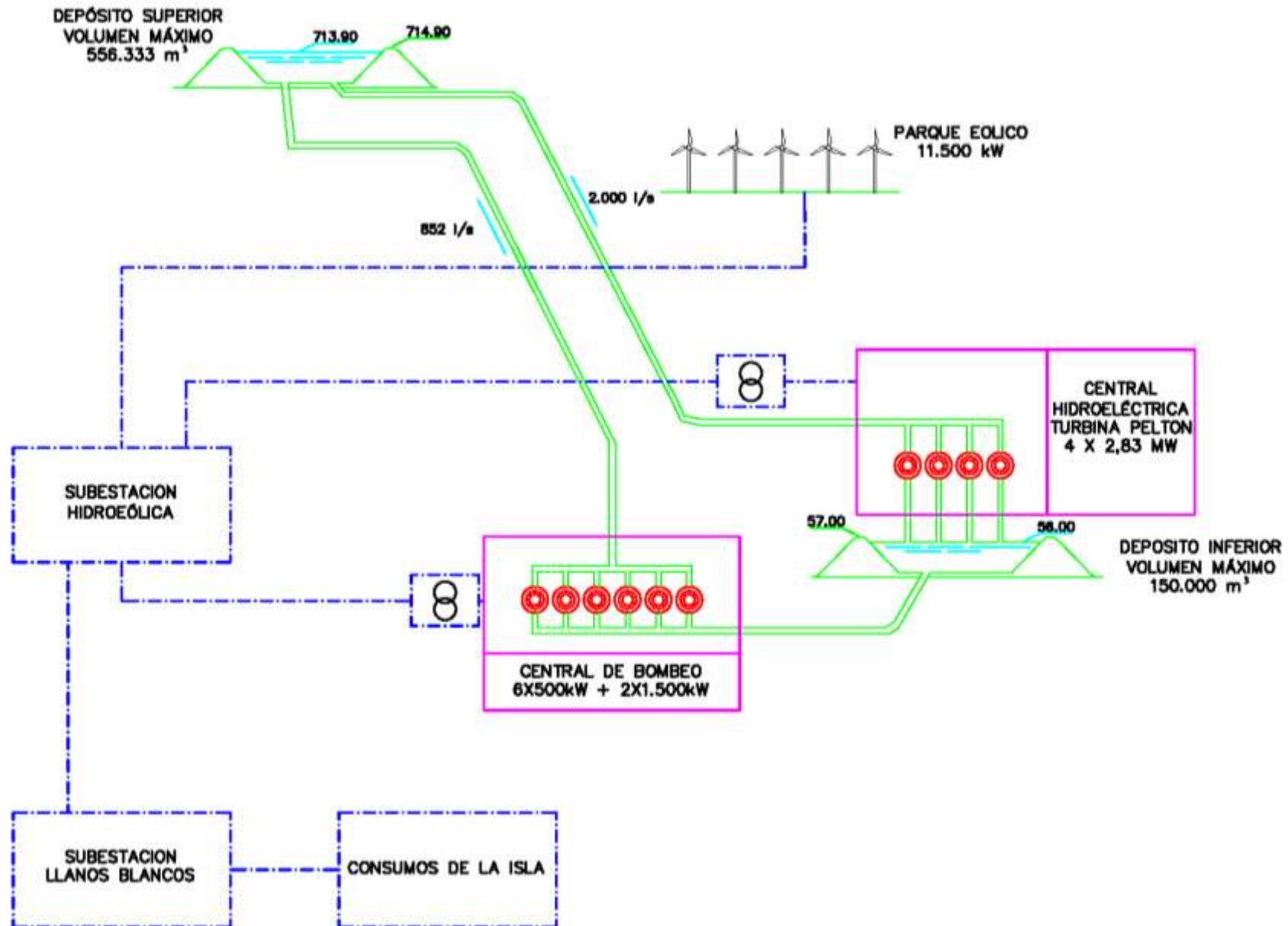
Caída de Frecuencia con pérdida de un aerogenerador con 2 turbinas funcionando como compensadores síncronos

- FRECUENCIA:
  - $49.75 \text{ Hz} < f < 50.25 \text{ Hz}$   
 $t < 5 \text{ min}$  (Sit Normal)
  - $48.50 \text{ Hz} < f < 51.50 \text{ Hz}$   
 $t < 1 \text{ min}$  (Falla simple)
- TENSION:
  - $0.95 U_n < U < 1.06 U_n$  (Sit Normal)
  - $U > 0.85 U_n$  (Falla simple)

CONTROL DE LA FRECUENCIA Y LA TENSIÓN: TURBINAS PELTON.  
POSIBILIDAD FUNCIONAMIENTO COMO COMPENSADOR SÍNCRONO

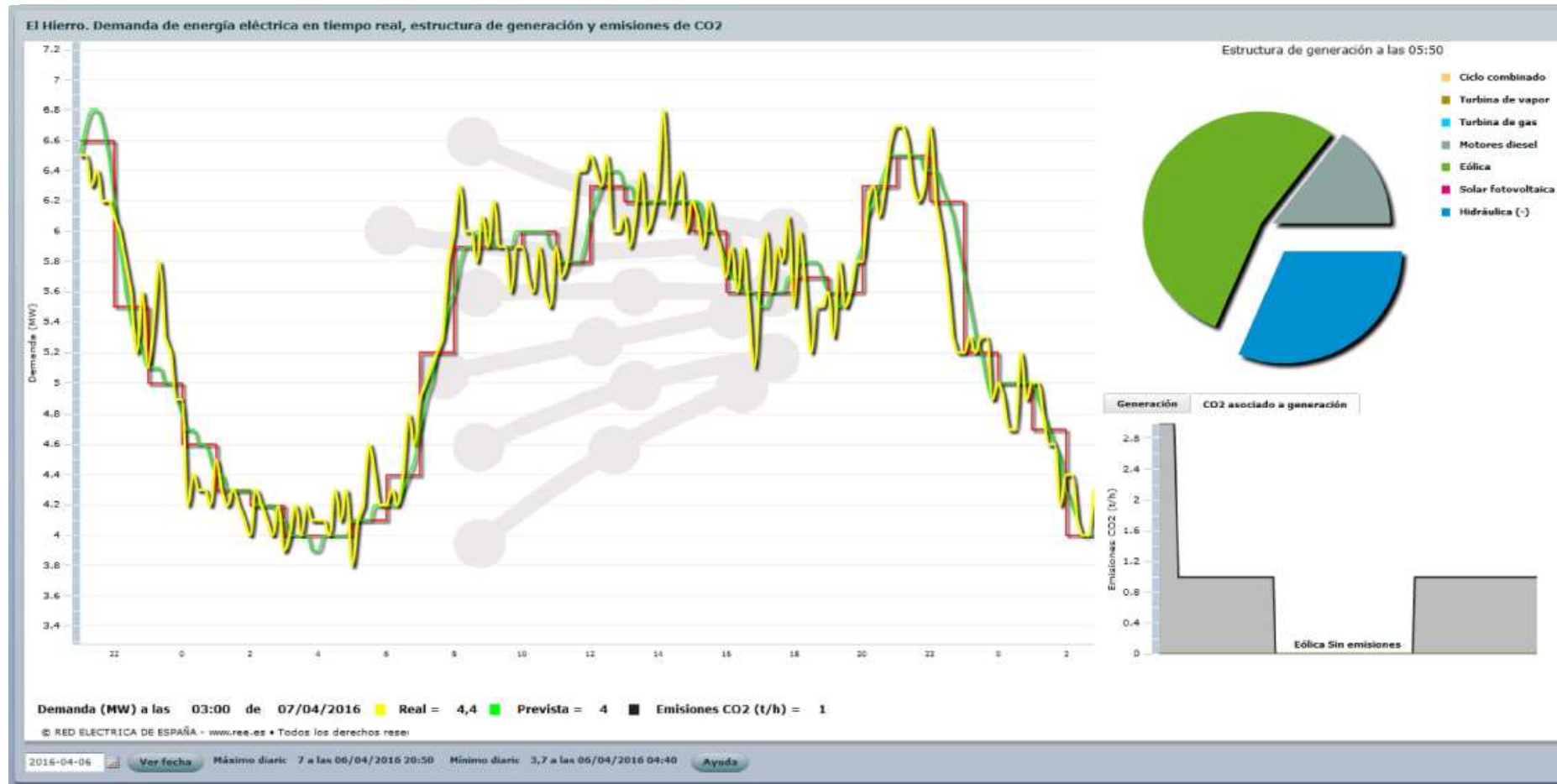
- TURBINAS PELTON:
  - Reserva Rodante: Volantes de Inercia
  - Rapidez y Control de Respuesta frente a Variaciones de Demanda/Generación: Diseño de Inyectores y Deflectores
  - Capacidad de funcionamiento como Compensador Síncrono
- CIRCUITO HIDRÁULICO:
  - Capacidad Hidráulica / Mecánica para respuesta rápida: 2.000 kW/s. Introducción de Calderines Antiariete
- CENTRAL DE BOMBEO:
  - Variadores de Frecuencia. Control de la Demanda
- AEROGENERADORES:
  - Diseñados con posibilidad de Regulación de Frecuencia







## FUNCIONAMIENTO CHE HIERRO 07/04/2016: <https://demanda.ree.es>



| DEMANDA               | DIESEL                 | HIDRO-EÓLICA                 | AHORRO EMISIONES 2017  |                      |
|-----------------------|------------------------|------------------------------|------------------------|----------------------|
| DEMANDA INSULAR (GWH) | DIESEL A DEMANDA (GWH) | HIDRO-EÓLICA A DEMANDA (GWH) | DIESEL AHORRADO (Tons) | REDUCCIÓN CO2 (Tons) |
| 44.0                  | 23.6                   | 20.4                         | 6070                   | 13151                |
| 100.00%               | 53.60%                 | 46.40%                       |                        |                      |

| DESGLOSE HIDROEÓLICA 2017 |                        |                       |                             |
|---------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| EÓLICA                    |                        |                       | HIDRO                       |
| EÓLICA DISPONIBLE (GWH)   | EÓLICA A DEMANDA (GWH) | EÓLICA A BOMBEO (GWH) | PRODUCCIÓN HIDRAULICA (GWH) |
| 30.8                      | 11.7                   | 19.1                  | 8.7                         |

Fuente: REE / GORONA DEL VIENTO

PENETRACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA: PRODUCCIÓN EN PRIMER TRIMESTRE DE 2018 POR ENCIMA DEL 60% DE LA DEMANDA INSULAR

RECORD MUNDIAL: 18 DIAS EN 2018 CUBRIENDO EL 100% DE LA DEMANDA DE LA ISLA CON ENERGÍAS RENOVABLES. 25 ENE – 12 FEB 2018

## El Hierro bate récord mundial en generación con renovables en territorios aislados

La isla canaria ha vuelto a batir un récord mundial con energías renovables al superar los 18 días consecutivos de generación de electricidad exclusivamente a partir de la Central Hidroeólica de **Gorona del Viento**. El hito se ha conseguido entre el 25 de enero y el lunes 12 de febrero.



"Este hito viene a acentuar el foco del faro de la sostenibilidad y dar aliento a los que creemos que el 100% sólo con renovables es posible y vamos en la vía acertada", ha afirmado Belén Allende, presidenta del Cabildo Insular y titular de la sociedad propietaria de la central (compuesta por el Cabildo herreño, Endesa, el Instituto Tecnológico de Canarias y el Gobierno de Canarias).

Para Allende, es un orgullo que el Hierro ya supere con creces las metas que la Unión Europea se fija para 2030: ya en 2017 la Central Hidroeólica abasteció casi el 50% de la demanda energética insular y ahora en 2018, "las cifras se presentan alentadoras teniendo en cuenta que el 66% de la generación energética del mes de enero en la Isla provino del sistema de Gorona del Viento". Y si bien –añade Allende– "hoy (por ayer lunes) dejamos de estar al 100%, hemos pasado a cubrir el 70% de la demanda eléctrica insular, lo que hasta hace muy poco se creía inalcanzable

Desde el Cabildo explican, además, que la hazaña alcanzada durante estos 18 días no se debe a un mayor recurso eólico sino a los avances en el rodaje de la Central Hidroeólica, "un sistema no solo nuevo en el tiempo sino innovador, lo que hace que no podamos apoyarnos en otras experiencias y por tanto la operación e integración sea paulatina. En colaboración con Red Eléctrica se va mejorando la operación del sistema".

En lo que va de año, la Central Hidroeólica ha cubierto el 100% de la demanda durante más de 560 horas; y lo ha hecho casi durante 2.000 horas desde que empezara a operar como un sistema comercial normal, en junio de 2015.

"Estos resultados son posibles gracias a la colaboración entre Gorona del Viento y Red Eléctrica de España; gracias, también, a la ciudadanía, que apostó por un proyecto ilusionante basado en la sostenibilidad, y a quienes hemos creído en Gorona y hemos hecho una apuesta decidida por hacer realidad que seamos dueños de nuestro viento, de nuestro sol, de nuestros recursos y, además, podemos gestionarlos", concluyó Allende.

Otros territorios insulares se han interesado por la central de El Hierro. Cabo Verde, en concreto, busca implementar una instalación de este tipo para maximizar el aprovechamiento de renovables, sobre todo de fotovoltaica, y para desalar agua a un precio más sostenible.



## DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL

### Esquema de la central

#### 1. Parque Eólico

- Pot. Total Instalada: 11,5 MW
- 5 Aerogeneradores E-70 2,3 MW







## DESCRIPCIÓN CENTRAL

### Esquema de la central

2. Estación de Bombeo
  - Pot. Total Instalada: 6,0 MW
  - 2 Grupos de 1500 kW
  - 6 Grupos de 500 kW
  - Variadores de frecuencia 1500/500 kW







## 2. Estación de Bombeo

- Pot. Total Instalada: 6,0 MW
- 2 Grupos de 1500 kW
- 6 Grupos de 500 kW
- Variadores de frecuencia  
1500/500 kW











## DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL

### Esquema de la central

#### 3. Central Hidroeléctrica

- Pot. Total Instalada: 11,32 MW
- 4 Pelton de 2,83 MW
- $Q_{\max} = 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$
- $H_{\text{geom}} = 655 \text{ m}$





### 3. Central Hidroeléctrica

- Pot. Total Instalada: 11,32 MW
- 4 Pelton de 2,83 MW
- $Q_{\max} = 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$
- $H_{\text{geom}} = 655 \text{ m}$







## DESCRIPCIÓN CENTRAL

### Esquema de la central

#### 4. Depósito Superior

- Volumen: 380.000 m<sup>3</sup>
- Cráter volcán extinto
- Precarga
- Impermeabilización PEAD 2mm

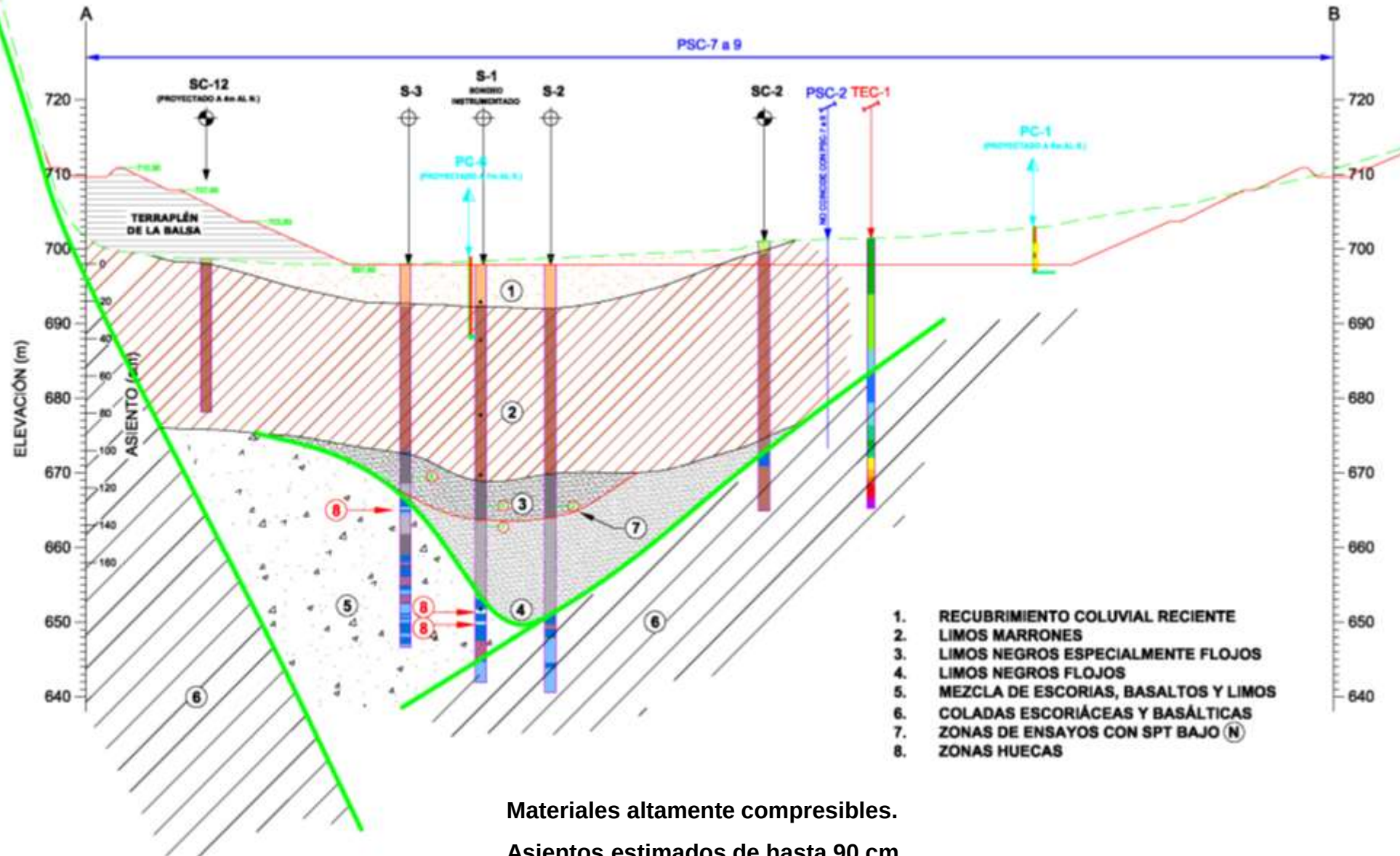






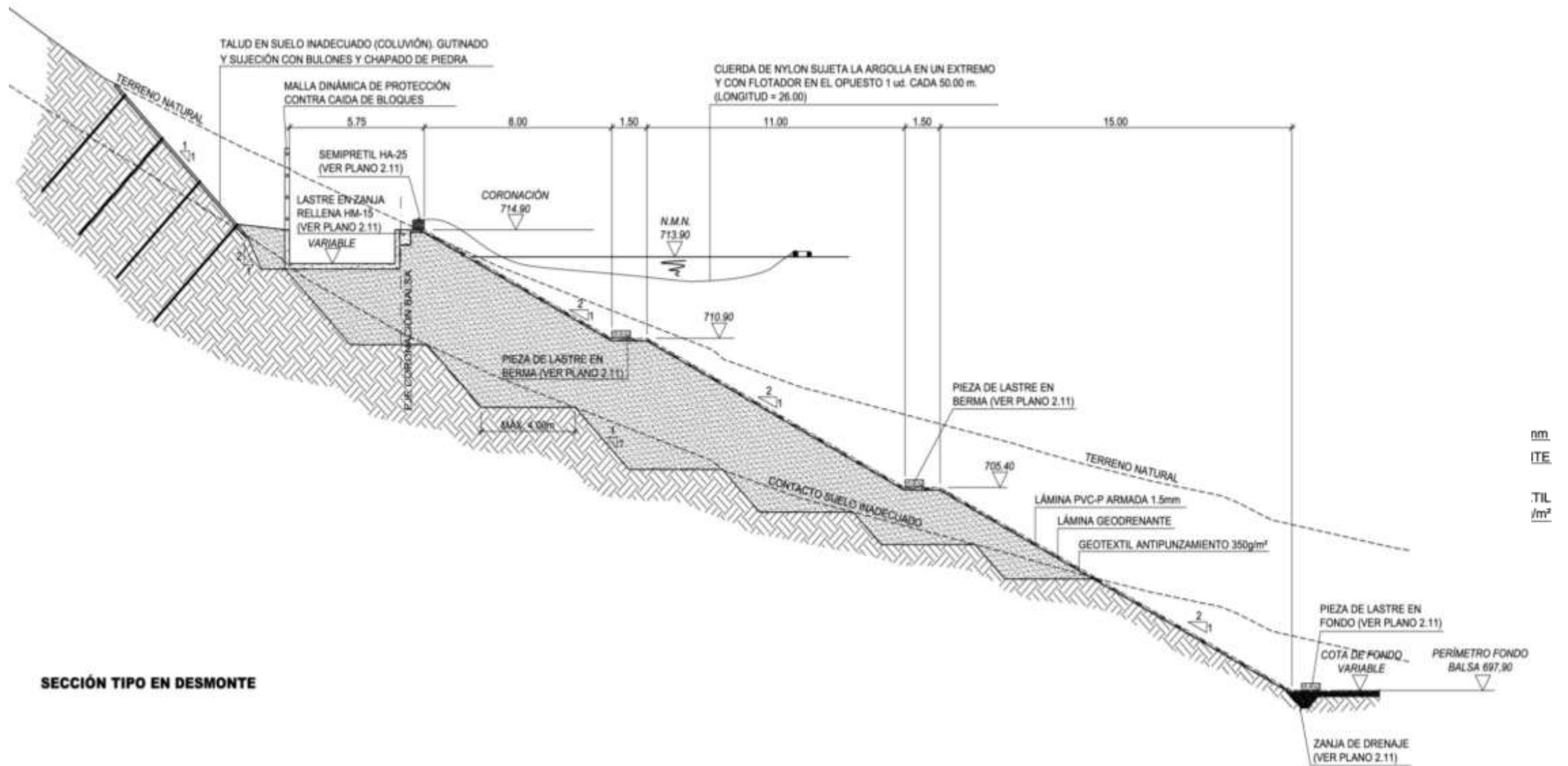


FIG. 6.1.- ESQUEMA DE LA ESTRUCTURA GEOLÓGICA DE LA CALDERA



Material altamente compresibles.

Asientos estimados de hasta 90 cm.







## 4. Depósito Superior

- Volumen: 380.000 m<sup>3</sup>
- Cráter volcán extinto
- Precarga
- Impermeabilización PEAD 2mm
- Drenaje Sectorizado





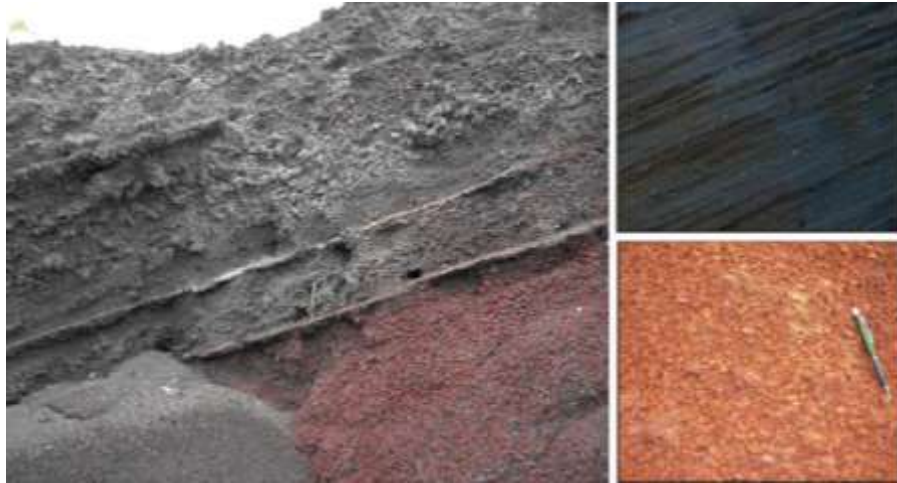
## DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL

### Esquema de la central

#### 5. Depósito Inferior

- Volumen: 150.000 m<sup>3</sup>
- Presa H=23 m
- Impermeabilización PEAD 2mm
- Protección barrancos



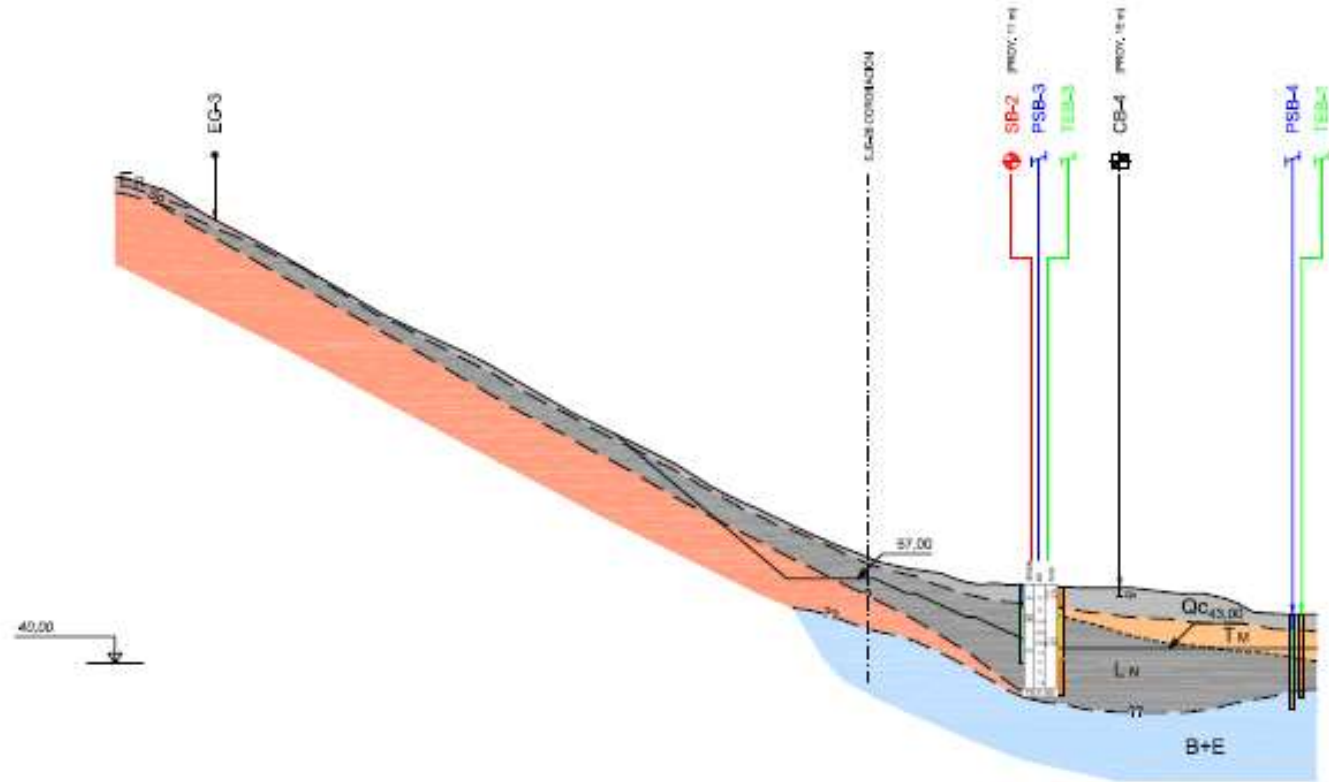
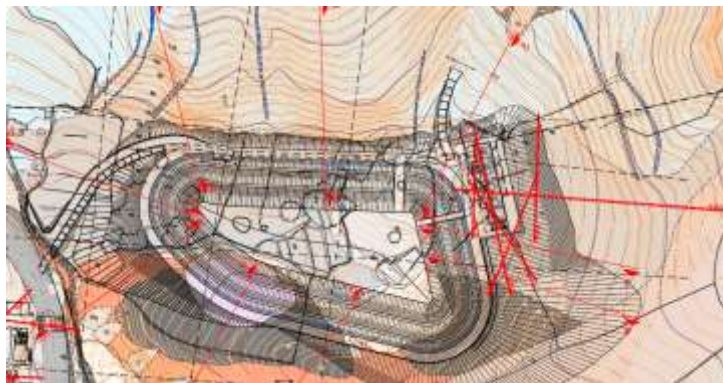
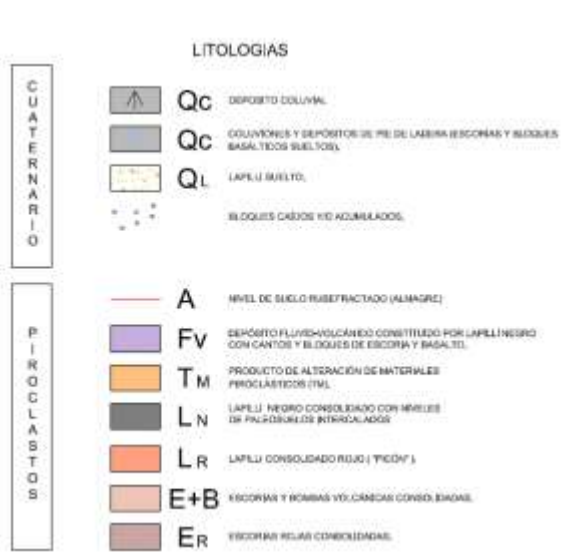


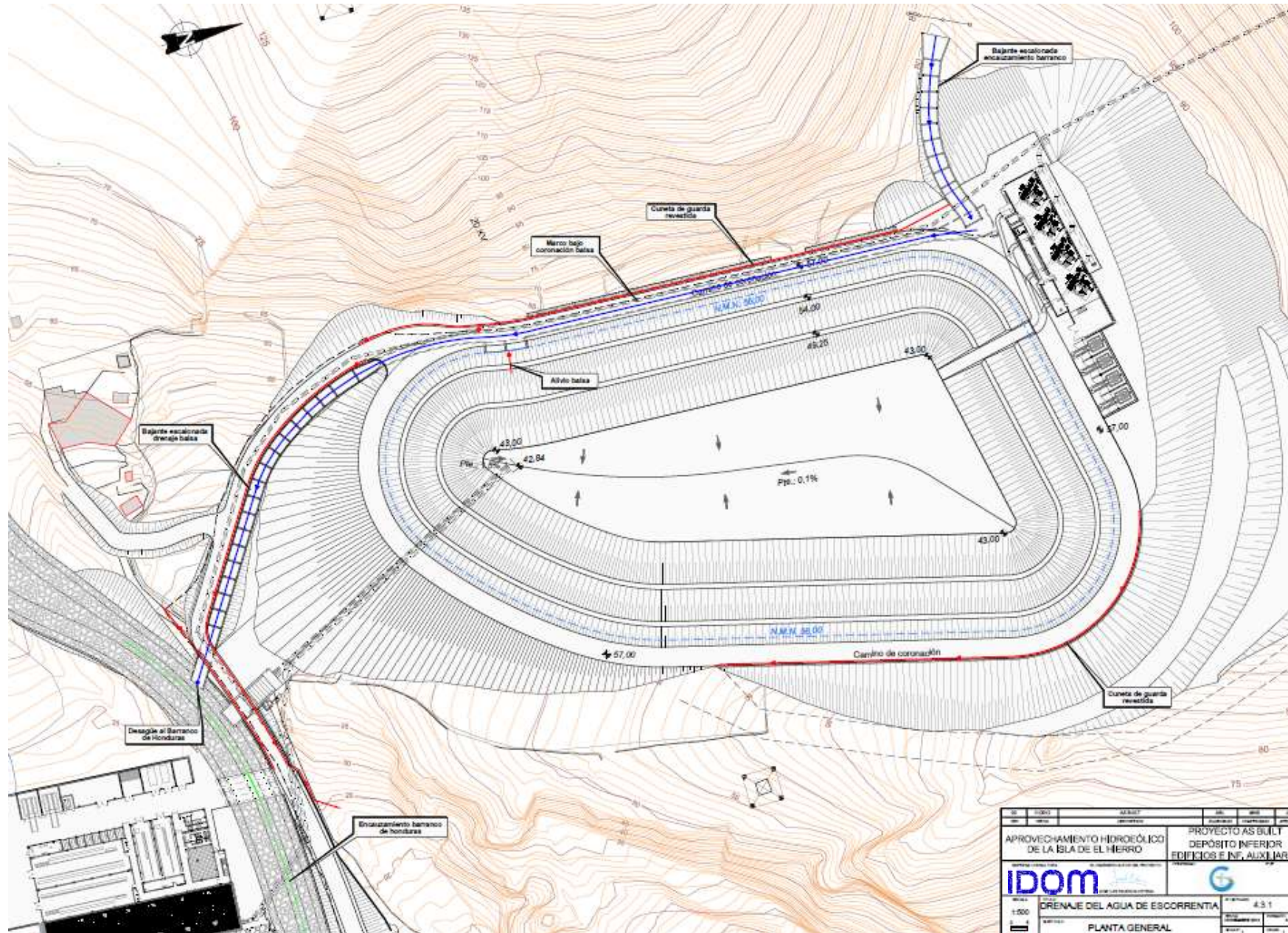
Toba de lapilli rojo, a muro, y de lapilli negro con niveles de paleosuelos intercalados.



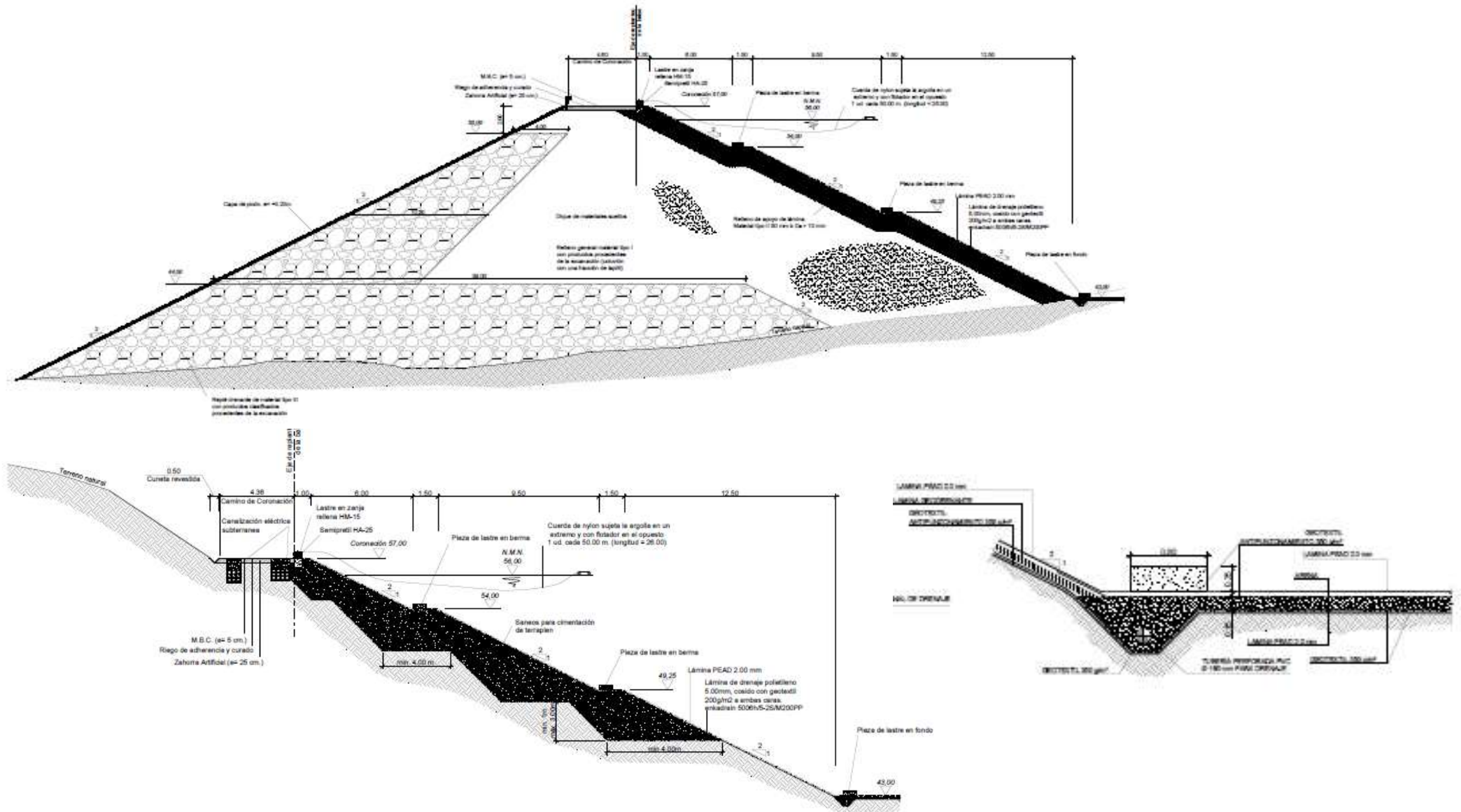
Ubicación depósito inferior













## 5. Depósito Inferior

- Volumen: 150.000 m<sup>3</sup>
- Presa H=23 m
- Impermeabilización PEAD 2mm
- Protección barrancos











## DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL

### Esquema de la central

#### 6. Conducciones Forzadas

- Turbinación
  - 2.350 m
  - 1.000 mm Diámetro
- Bombeo
  - 3.015 m
  - 800 mm Diámetro
- Acero
- Aéreas
- Galerías





## 6. Conducciones Forzadas

- Turbinación
  - 2.350 m
  - 1.000 mm Diámetro
- Bombeo
  - 3.015 m
  - 800 mm Diámetro
- Acero
- Aéreas
- Galerías





## DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL

### Esquema de la central

#### 7. Subestación

- Interconexión
  - parque eólico
  - central hidroeléctrica
  - estación de bombeo
- Doble barra
- Doble interruptor

#### 8. Conexión con el Sistema







- LA PENETRACION DE ENERGIAS RENOVABLES EN PEQUEÑAS REDES PUEDE VERSE AUMENTADA SIGNIFICATIVAMENTE MEDIANTE SU COMBINACION CON SISTEMAS HIDROELECTRICOS (ALMACENAMIENTO Y ESTABILIDAD DE RED)
- LA TECNOLOGÍA EXISTENTE PARA HACERLO ES FIABLE Y ROBUSTA
- LA PENETRACION DE ENERGÍA EÓLICA EN EL SISTEMA PODRÍA LLEGAR A SER PRÓXIMA AL 100% CON LAS CONDICIONES ADECUADAS
- EL PROYECTO SUPONE UNA REDUCCIÓN DRÁSTICA EN EL CONSUMO DE ENERGÍAS FÓSILES EN LA ISLA, LO QUE ADEMÁS RESULTA EN UNA REDUCCIÓN DE LA DEPENDENCIA DE LOS PRECIOS DEL PETRÓLEO, DE SUMINISTRO DE DIESEL DESDE EL EXTERIOR Y DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub>
- REQUERIMIENTOS: VIENTO, DESNIVEL Y CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE AGUA



Gracias por la atención