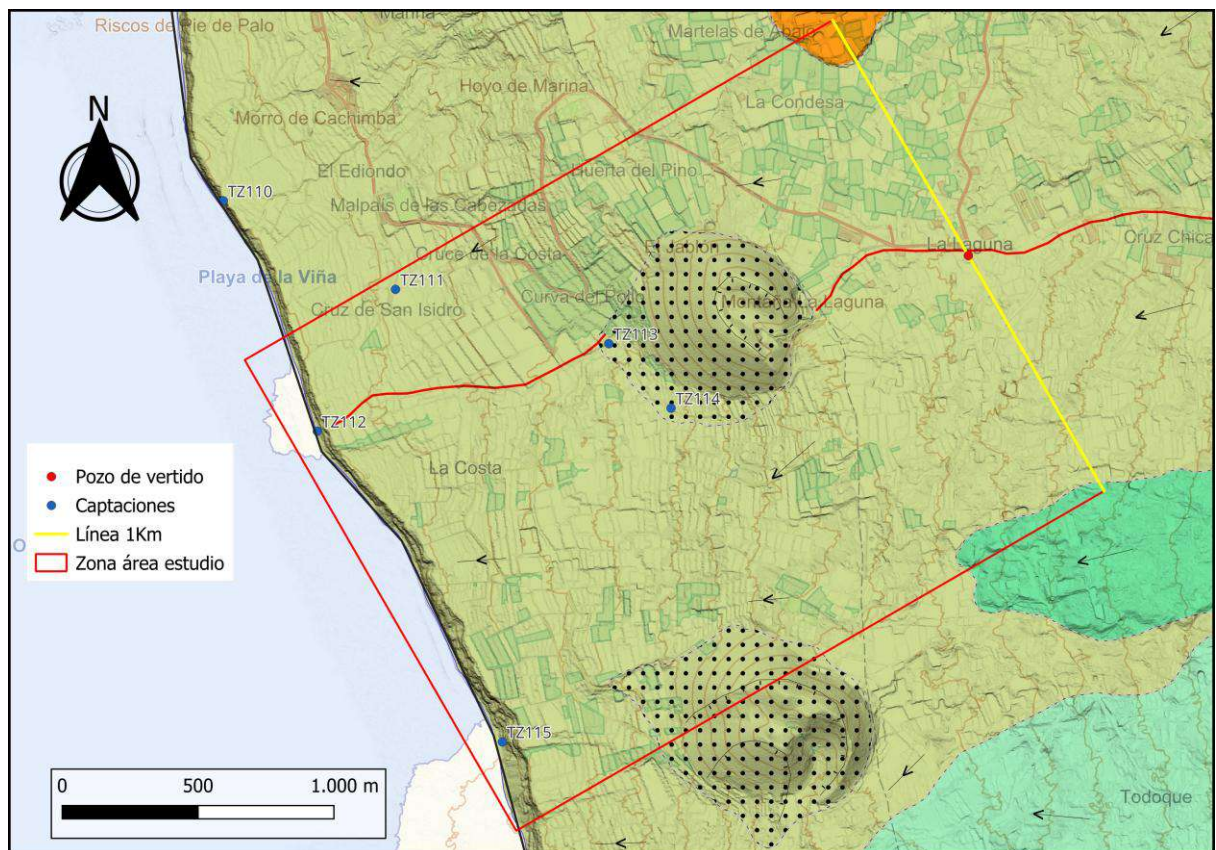


VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DE UNA ESTACIÓN DE SERVICIO EN LA LAGUNA, T.M. DE LOS LLANOS DE ARIDANE

INFORME HIDROGEOLÓGICO



Juan Jesús Coello Bravo
Geólogo
Colegiado nº 8289

1. INTRODUCCIÓN, PETICIONARIO Y OBJETO DEL INFORME

DISA RED DE SERVICIOS PETROLIFEROS S.A.U. proyecta la instalación de una estación de servicio en la Carretera LP-213 La Laguna a Puerto Naos nº 242, 38769, Los Llanos de Aridane, isla de La Palma. En la instalación se generarán aguas residuales equiparables a las urbanas (fecales) e hidrocarburadas que, previamente depuradas, deberán ser evacuadas al subsuelo, dada la no existencia de alcantarillado urbano en la zona y el contenido potencial en hidrocarburos de una porción de las aguas a verter. Para ello, es necesario obtener la pertinente autorización administrativa tras evaluar la inocuidad del vertido frente al riesgo de contaminación de los acuíferos que forman el dominio público hidráulico subterráneo.

Este estudio se redacta a petición de DISA RED DE SERVICIOS PETROLIFEROS S.A.U., a los efectos de la autorización, por parte del Consejo Insular de Aguas de La Palma (CIALP), del vertido al subsuelo de las aguas residuales, previamente depuradas, generadas en la citada estación de servicio.

2. MARCO NORMATIVO

La Ley 12/1990, de 26 de julio, de Aguas de Canarias, establece en su artículo 62 que todo vertido susceptible de provocar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, requiere autorización administrativa. Por su parte, el artículo 64 de dicha ley establece que, en el caso de que el vertido pueda dar lugar a la infiltración de sustancias susceptibles de contaminar los acuíferos, sólo podrá autorizarse si un estudio hidrogeológico previo demuestra su inocuidad.

El Decreto 174/1994, de 29 de julio, de Reglamento de control de vertidos para la protección del dominio público hidráulico de Canarias (RCV), establece en su artículo 15.1 y su disposición transitoria 5ª el procedimiento provisional de elaboración, tramitación y contenido mínimo de estos estudios. Tal contenido debe ajustarse a lo siguiente:

- a) Descripciones generales de las características hidrogeológicas y geomorfológicas de la zona.
- b) Determinación de los parámetros de permeabilidad, porosidad, dirección y velocidad de los desplazamientos del agua en el subsuelo, en lo que técnica y económicamente sea viable.
- c) Cálculo y predicción de los efectos del vertido sobre el acuífero e indicación de las medidas adecuadas para garantizar su inocuidad.
- d) El área de estudio será la que corresponda a la cuenca hidrológica superficial que se localice aguas abajo del punto de vertido, ampliada con una poligonal paralela a su contorno a una distancia de medio kilómetro.
- e) Se incluirá un plano de situación, a escala no inferior a 1:5.000, en el que figurarán las captaciones existentes autorizadas y concedidas, aun cuando no estén ejecutadas, que penetren o se sitúen en el área

definida en el apartado anterior.

f) En dicho plano aparecerán situados los puntos o tramos de surgencia de agua, superficial o subterránea, que correspondan a las captaciones ejecutadas.

g) El estudio incluirá, en un anejo, los resultados de los análisis de una muestra de cada uno de aquellos puntos o tramos de agua. El análisis contendrá, cuanto menos, los parámetros, con sus unidades de medida, que se incluyen en el anexo V a este Reglamento.

h) Con los datos de los alumbramientos se elaborarán isolíneas de los niveles piezométricos del acuífero o acuíferos del área en estudio.

i) Mediante el estudio geológico de superficie, el estudio de suelos y de las características hidrogeológicas de los terrenos subyacentes, se analizarán las relaciones entre los vertidos y el sustrato y la incidencia de los vertidos en las aguas subterráneas.

El RCV establece que la competencia en el otorgamiento de estas autorizaciones corresponde a los Consejos Insulares de Aguas. Por su parte, el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de La Palma-tercer ciclo (2021-2027) (PHDHLP; Decreto 6/2025, de 17 de febrero), establece en su artículo 206 que la tramitación de las autorizaciones de depuración y vertido al dominio público hidráulico ante el Consejo Insular de Aguas se efectuará siguiendo el procedimiento previsto en citado reglamento.

En este informe se realiza un estudio hidrogeológico del vertido proyectado siguiendo los contenidos mínimos establecidos en el RCV, a los efectos de determinar la inocuidad del mismo respecto a la posible afección al acuífero donde se desarrollará y a las captaciones que lo explotan.

2. METODOLOGÍA

La metodología seguida en la elaboración del informe ha sido la siguiente:

a) Recopilación de datos hidrogeológicos. La información recopilada procede de los datos recogidos por los sucesivos planes hidrológicos insulares y sus avances desde 1992 hasta la actualidad. También se han usado los datos publicados en diversos planes, estudios e inventarios realizados desde los años setenta del pasado siglo por organismos oficiales nacionales y autonómicos, como la Dirección General de Obras Hidráulicas, el Servicio Geológico de Obras Públicas y el Servicio Hidráulico de Santa Cruz de Tenerife. Por último, se han consultado algunos trabajos científicos como artículos de investigación, tesis doctorales, etc.

b) Reconocimiento geológico-hidrogeológico del sector afectado por el vertido. La cartografía geológica de base usada para este reconocimiento ha sido la oficial, que se sustancia en las hojas correspondientes a la isla de La Palma del Mapa Geológico de España E. 1: 25.000 (MAGNA50), publicadas por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en 1998. Esta cartografía fue integrada en el Mapa Geológico de

Canarias, publicado por la empresa pública Cartográfica de Canarias (GRAFCAN SA) en 2011, y es la que figura en la Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias (IDECanarias), servicio de información geográfica de carácter público del Gobierno de Canarias. Complementariamente se han consultado también, a efectos informativos, mapas geológicos más detallados de determinadas zonas o formaciones publicados en diversos trabajos de investigación.

c) Análisis de la información obtenida, síntesis y elaboración del informe y los mapas correspondientes.

3. DATOS BÁSICOS DEL VERTIDO

Se exponen a continuación los datos básicos del vertido de aguas residuales proyectado. La mayor parte de estos datos se han extraído del Anexo V: Instalación de Saneamiento (E25.103) del proyecto constructivo de la instalación.

3.1. Origen y componentes de vertido

La estación de servicio contará con tres redes de saneamiento independientes:

- 1) Red de aguas fecales. Recoge las aguas residuales (aguas negras) procedentes de los aseos del edificio de la estación.
- 2) Red de aguas hidrocarburadas. Recoge las aguas pluviales y de limpieza de las zonas susceptibles de contener hidrocarburos (plataforma de repostaje y zona de descarga).
- 3) Red de aguas pluviales. Recoge las aguas de lluvia de las cubiertas y otras zonas no contaminadas.

Dado que el artículo 206 del PHDHLP indica que no se considerarán los volúmenes de aguas pluviales aunque se viertan al pozo absorbente, este estudio se centrará en los componentes circulantes por las redes 1 y 2.

3.2. Caudal de vertido

El volumen de aguas fecales a verter es de 0,75 m³/día (273,75 m³/año), considerando un aforo máximo de 15 personas y una dotación de 50 l/persona/día (uso comercial/público). En cuanto a las aguas hidrocarburadas, el sistema se ha dimensionado según la norma UNE-EN 858-2, considerando un caudal punta (tamaño nominal) de 1,5 L/s, considerando una superficie de recogida de 51,53 m² y una intensidad pluviométrica típica para la zona (para un periodo de retorno de 5 años y una duración del aguacero igual al tiempo de concentración de 30 min) de 110 mm/h. El volumen de vertido anual máximo de aguas hidrocarburadas puede calcularse a partir de la precipitación anual promedio en la zona (320 mm según el Atlas Climático de La Palma-Canarias), aplicando un coeficiente de escorrentía del 100% y teniendo en cuenta que el área de recogida efectiva, según determina el proyecto constructivo, es de 51,53 m². El caudal máximo de vertido así calculado es de 16,49 m³/año. Por tanto, el caudal total máximo de vertido puede estimarse en 290,24 m³/año. Este

total no incluye las aguas pluviales ni el generado en las operaciones de limpieza de la plataforma.

3.3. Tipo de tratamiento adoptado y características del sistema de depuración

Se adoptan dos líneas de tratamiento diferenciadas. Para las aguas fecales se proyecta un tratamiento primario mediante fosa séptica prefabricada dotada de decantación-digestión anaerobia más filtro biológico aerobio, de 2.000 l de capacidad, modelo PID FSC 002 (10–15 habitantes equivalentes). La ventilación del filtro biológico se produce de forma natural (sin aireador y por tanto sin consumo energético), por circulación del aire entre la tubería de ventilación inferior y superior. Se selecciona este modelo por ser superior al volumen útil calculado según normativa ($V_u = 1.365$ l).

A las aguas hidrocarburadas se les aplicará un tratamiento físico mediante decantador de arenas/lodos modelo TECHNEAU YD0340E, con un volumen de 340 l, superior al mínimo de 300 l calculado en el proyecto constructivo, y posterior separación de hidrocarburos en un separador de hidrocarburos clase I marca TECHNEAU modelo GAMA SPHERE YH0501E, con tamaño (caudal) nominal de 1,5 l/s. Los separadores de hidrocarburos permiten la separación de líquidos ligeros (con una densidad inferior o igual a $0,95 \text{ g/cm}^3$), cuando estos líquidos son inmiscibles y separables de las aguas residuales por medio de la gravedad o coalescencia. La instalación de estos aparatos es obligatoria en instalaciones con capacidad de almacenamiento superior a 5.000 l (Real Decreto 706/2017, de 7 de julio, por el que se aprueba la instrucción técnica complementaria MI-IP 04 “Instalaciones para suministro a vehículos” y se regulan determinados aspectos de la Reglamentación de Instalaciones Petrolíferas). Estos dispositivos se fabrican, dimensionan, instalan y operan según las especificaciones de la Norma UNE-EN 858-1:2002 (diseño de separadores) y UNE 858-2:2003 (dimensionado). Los separadores de clase 1 (separación por coalescencia) son sistemas de elevada eficiencia de separación entre el hidrocarburo y el agua, que permiten, en condiciones normalizadas de ensayo, obtener un efluente con una concentración máxima de hidrocarburos totales (TPH) de 5 mg/l.

3.4. Parámetros físico-químicos del vertido

Dado que la instalación no está en actividad, no se dispone todavía de estos parámetros. Por lo tanto es necesario acudir a valores característicos, que pueden establecerse, en el caso de las aguas fecales de la estación de servicio, como sigue:

Materia orgánica en suspensión	
Separable por decantación	270 mg/l
No separable por decantación	130 mg/l
Materia inorgánica en suspensión	
Separable por decantación	130 mg/l
No separable por decantación	70 mg/l
Materia orgánica disuelta	330 mg/l
Materia inorgánica disuelta	330 mg/l
Sales nutrientes	30 mg/l
Detergentes	20 mg/l
DBO ₅	360 mg/l

Estos valores son típicos de aguas residuales urbanas y son solo indicativos de la posible composición del agua fecal del vertido. Los tratamientos primarios (decantación-digestión anaeróbica) complementados con filtros biológicos como el proyectado consiguen típicamente, si son operados y mantenidos correctamente, rendimientos de 70–85% de reducción en MES (materia en suspensión) y superiores al 50–60% de reducción en DBO₅. En lo que respecta a las aguas hidrocarburadas a verter, su quimismo será equiparable al del agua de lluvia, pero contendrán detergentes, aceites y otros contaminantes en pequeñas proporciones. Como se ha indicado, tendrán, una vez tratadas, una concentración de hidrocarburos inferior a 5 mg/l. Los aceites minerales persistentes e hidrocarburos de origen petrolífero persistentes están incluidos en el anejo II (sustancias contaminantes cuya toxicidad, persistencia o bioacumulación son manifiestas) del RCV, que prohíbe su vertido a redes de alcantarillado urbano. La red de aguas residuales hidrocarburadas incluye una arqueta de toma de muestras previa al vertido, conforme a la normativa vigente.

3.5. Localización y características del punto de vertido

Los efluentes de ambas redes, una vez tratados, se verterán conjuntamente al subsuelo mediante un pozo absorbente. El pozo se localizará dentro de la parcela de la estación de servicio, en un punto de coordenadas UTM X = 215683,72, Y = 3170601,08 (Huso 28, Datum ETRS89), a la cota de 305 m (sin nivelar). El pozo tendrá aproximadamente 1 m de diámetro y la profundidad necesaria para alcanzar terreno filtrante. Dadas las características de los terrenos donde se emboquillará el pozo, se estima que esta profundidad no superará los 10–15 m. El pozo contará en su fondo con una cueva de desalojo esférica de dimensiones adecuadas para evacuar el caudal de evacuación punta de diseño. Este caudal punta se alcanzará en episodios de vertido de pluviales y puede calcularse de forma muy aproximada en 0,019 m³/s, multiplicando la intensidad de precipitación horaria (110 mm) por la superficie total de la estación de servicio (627,59 m²), considerando un coeficiente de escorrentía del 100%. El caudal instantáneo del resto de componentes del vertido es insignificante respecto al considerado.

Para calcular el caudal instantáneo aproximado que es capaz de evacuar al subsuelo la cámara de inyección esférica de un pozo, que tiene el resto de su superficie interna impermeabilizada, puede usarse la siguiente expresión:

$$Q = K \cdot 2 \cdot \pi \cdot d \cdot H_m$$

donde:

Q = caudal de infiltración en el pozo

K = coeficiente de permeabilidad

d = diámetro de la cámara esférica

H_m = presión efectiva de inyección en la cámara, expresada en metros de columna de agua

Considerando una permeabilidad de 500 m/día, una columna de agua de 10 m, y un coeficiente de seguridad de 1,5, el diámetro de la cámara de infiltración tendrá que ser de 3,3 m para asegurar la correcta evacuación al subsuelo del caudal pico.

3.6. Mantenimiento

El mantenimiento del sistema de tratamiento incluye el vaciado anual de lodos de la fosa séptica y la limpieza del filtro, así como la inspección, vaciado de lodos y limpieza periódica del separador de hidrocarburos por parte de un gestor autorizado. En la **Tabla 1** se resumen las características más importantes del vertido proyectado.

Componente vertido	Aguas fecales	Aguas hidrocarburadas
Origen	Aseos del edificio	Pista de repostaje y zona de descarga
Caudal de diseño	0,75 m ³ /día (750 l/día)	1,5 l/s (caudal punta)
Tratamiento adoptado	Fosa séptica ECODEPUR BIOFIX (2.000 l)	Decantador TECHNEAU YD0340E (340 l) + Separador YH0501E
Parámetros esperados	≤180 mg/l DBO ₅ ≤180 mg/l MES	TPH ≤ 5 mg/l
Vertido al subsuelo	Pozo filtrante	
Coordenadas UTM (brocal)	X = 215683,72, Y = 3170601,08	
Cota sobre el nivel del mar	304,78 m	
Normativa básica aplicable	Ley 12/1990, D 174/1994	RD 706/2017, UNE-EN 858-1, UNE-EN 858-2

Tabla 1. Resumen de las características del vertido. No se incluyen las aguas pluviales.

4. MARCO GEOMORFOLÓGICO Y GEOLÓGICO

4.1. Geomorfología general del Valle de Aridane

El vertido proyectado se sitúa en la vertiente occidental de la isla de La Palma, dentro de medianías bajas del Valle de Aridane, una depresión calderiforme abierta hacia el O y delimitada por relieves montañosos bien definidos: al norte por el Lomo de los Caballos-Pico Bejenado-Punta de los Roques, al E por Cumbre Nueva, y al S por las Montañas Quemada, Rajada y Todoque.

Los relieves culminantes del entorno alcanzan 2.044 m s.n.m. en el Pico Corralejo, 1.854 m en las Ovejas y 1.857 m en el Bejenado. La depresión presenta unas dimensiones aproximadas de 8 km (N-S) por 11 km (E-O), y una superficie total de unos 75 km². Al N se encuentra la Caldera de Taburiente, depresión de origen erosivo de unos 45 km² de extensión y hasta 1.500 m de profundidad.

El fondo del valle muestra una pendiente media del 9 % hacia el mar (el O), interrumpida por

dos cambios de pendiente principales: uno en la base del Bejenado y otro en la base de Cumbre Nueva. El acantilado costero, que cierra la depresión hacia el O, tiene una altura variable entre 40 y 150 m. Los principales cauces de drenaje son los barrancos de Las Angustias, Argual, Tenisca y Hondo, poco encajados en su tramo medio e inferior.

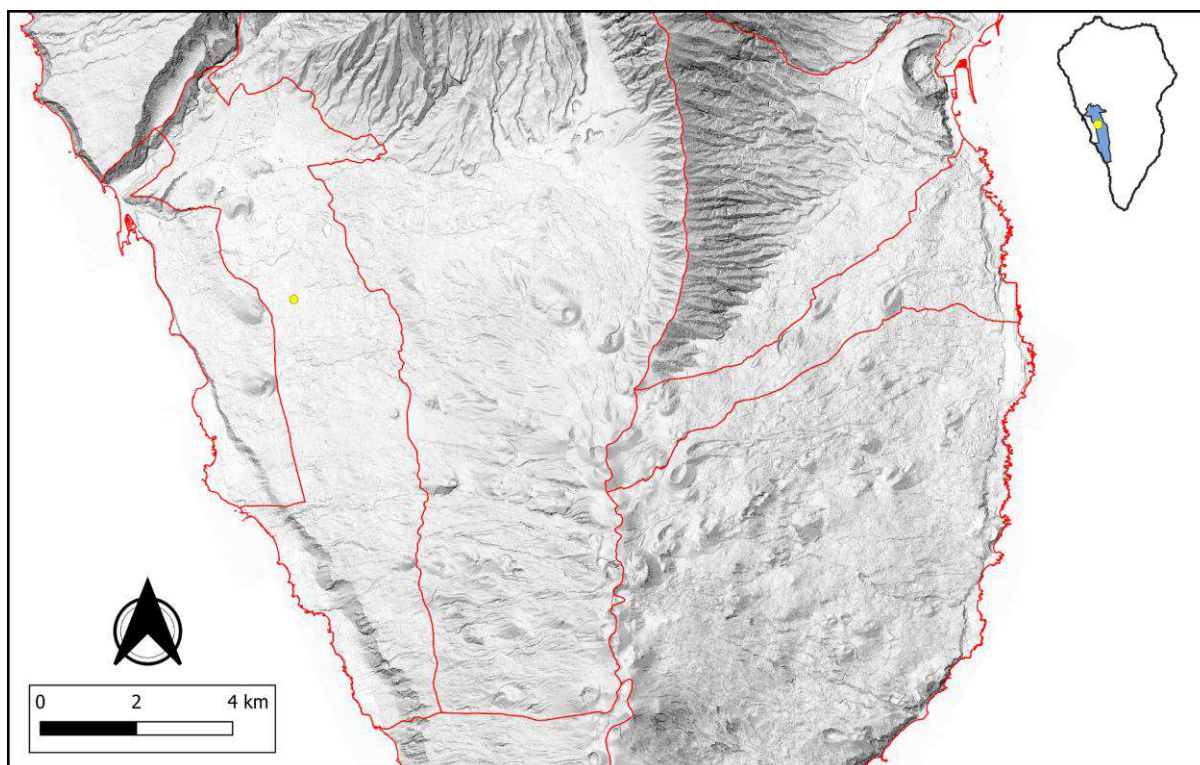


Figura 1. Mapa de relieve a partir del MDT del sector S de la isla de La Palma. Se indica la localización de los límites municipales y del punto de vertido (punto amarillo).

4.2. Contexto geológico general

La isla de La Palma constituye un edificio volcánico oceánico de edad Plio-Cuaternaria, edificado sobre la corteza oceánica atlántica a más de 4.000 m de profundidad. Con una superficie emergida de 728 km² y una altitud máxima de 2.426 m s.n.m. (Roque de los Muchachos), es la isla de relieve más abrupto del archipiélago canario.

La estructura insular es el resultado del apilamiento sucesivo de materiales volcánicos emitidos en distintas fases eruptivas, combinadas con episodios de inestabilidad gravitacional, erosión y sedimentación. Desde el punto de vista volcano-estructural, la isla se compone de dos grandes unidades geológicas principales:

a) El Complejo Basal: Es la formación más antigua, constituida por materiales volcánicos submarinos (lavas almohadilladas, hialoclastitas y brechas), de composición básica y sálica, atravesados por una densa red de diques basálticos y cuerpos plutónicos de gabros. Estos materiales se formaron durante la etapa de crecimiento submarino del edificio insular. Están afectados por un metamorfismo hidrotermal de contacto de bajo grado (metamorfismo de fondo oceánico), y su estructura está

intensamente deformada por intrusión magmática y otros posibles procesos tectónicos, que han originado una elevación muy acusada de estas rocas. El Complejo Basal aflora en el fondo de la Caldera de Taburiente y del Barranco de las Angustias, y constituye el zócalo impermeable regional de la mitad N de la isla.

b) Los edificios volcánicos subaéreos (Pleistoceno-Holoceno): Sobre el Complejo Basal se superponen varias unidades edificadas en sucesivas etapas de crecimiento volcánico subaéreo, los edificios Garafía, Taburiente (sector N de la isla), Cumbre Nueva, Bejenado (franja central) y Cumbre Vieja (sector S; **Tabla 2**). A continuación se describen los edificios presentes en los subsuelos de la parcela donde se producirá el vertido a cotas superiores al nivel del mar, cuyos materiales constituyen el acuífero potencialmente afectado.

Edificio	Edad aproximada	Características principales
Edificio Garafía	2–1,7 Ma	Apilamiento de coladas y piroclastos basálticos. Solo aflora en el N de la isla
Edificio Taburiente	1,1–0,4 Ma	Apilamiento de coladas y piroclastos basálticos y traquibasálticos. Formación del gran escudo Norte.
Edificio Cumbre Nueva	0,8–0,6 Ma	Apilamiento de coladas basálticas y piroclastos con red de diques verticales. Asociado al posterior colapso del Valle de Aridane.
Edificio Bejenado	0,52–0,47 Ma	Estratovolcán formado tras el deslizamiento de Aridane, parcialmente apoyado sobre el plano de falla del colapso.
Edificio Cumbre Vieja	0,125 Ma–actualidad	Dorsal volcánica activa orientada N–S. Conos y coladas basaníticas y tefríticas. Ocho erupciones históricas (desde siglo XV hasta la actualidad).

Tabla 2. Principales unidades volcánicas subaéreas de La Palma.

A continuación se describen, por orden de antigüedad decreciente (de más antiguo a más moderno) las características principales de los edificios que forman los terrenos y el subsuelo del Valle de Aridane en el sector donde se producirá el vertido.

4.2.1. Edificio Cumbre Nueva

Este edificio, de edad 0,8–0,4 Ma, se originó por una migración hacia el S del foco eruptivo principal de un edificio anterior, el Edificio Taburiente. Para algunos autores es una dorsal volcánica cuyo eje estructural se situaría al O de la actual línea de cumbres del arco montañoso de Cumbre Nueva. Este edificio está formado por un apilamiento de coladas, aglomerados y piroclastos volcánicos de tipo basáltico, traquibasáltico y tefrítico. Las capas están atravesadas por una red de diques verticales o subverticales, con un espesor variable entre 0,5 y 2 m, predominando los de tipo basáltico. Los materiales que forman este edificio afloran en el arco montañoso de Cumbre Nueva y la pared derecha del Barranco de las Angustias.

Este edificio sufrió entre 539–517 ka un gran colapso en su flanco occidental que dio origen al Valle de Aridane. Este deslizamiento masivo, de naturaleza submarino-subaérea, generó una depresión en forma de herradura abierta hacia el océano. El colapso movilizó de forma casi instantánea una enorme masa de materiales que se desplazó hacia el mar, formando depósitos de avalancha rocosa tanto en el fondo del valle como en el talud insular y la llanura abisal frente a la costa occidental.

4.2.2. Depósitos de avalancha rocosa del colapso de flanco de Aridane

La fragmentación del material deslizado en el colapso de flanco de Aridane produjo un depósito de avalancha rocosa masiva que se emplazó en el fondo del valle. Este depósito está ausente en el borde norte de la depresión. En el resto del valle no llega a aflorar en superficie, pues se halla cubierto por materiales posteriores (edificios Bejenado y Cumbre Vieja), pero ha sido atravesado por unas pocas perforaciones en los subsuelos de su cabecera y quizá también de su sector de cota intermedia. La presencia de depósitos submarinos de avalancha rocosa masivos emplazados en el talud insular y la llanura abisal frente a la costa del valle atestiguan su prácticamente segura presencia también en los subsuelos de la zona costera de la depresión.

4.2.3. Edificio Bejenado

El volcán Bejenado es un estratovolcán de rápida construcción (517–475 ka), que creció dentro de la depresión originada por el colapso de flanco del Valle de Aridane, con su base apoyada sobre el plano de deslizamiento del Valle de Aridane. Su actividad inicial consiste en la emisión de piroclastos basaníticos y tefríticos, algunos de tipo freatomagmático, y lavas de la misma composición, que se intercalan entre depósitos de avalanchas rocosas secundarias relacionadas con el deslizamiento principal del Valle de Aridane. Sobre ellos se dispone una secuencia de unos 400 m de espesor de coladas de lavas pahoehoe y aa y escasos piroclastos, de composición basanítica y tefrítica. En la fase final del Bejenado se emitieron desde el centro eruptivo principal lavas fonotefríticas y tefrifonolíticas que forman los relieves más elevados de la formación. También se emitieron basanitas y tefritas desde algunas bocas adventicias situadas en la base del estratovolcán alrededor de su boca principal.

Las coladas y niveles piroclásticos de la base y los niveles intermedios del estratovolcán se disponen subhorizontales sobre el Complejo Basal en la pared S de la Caldera de Taburiente. Estas coladas pasan a tener un buzamiento pronunciado hacia el S en la vertiente septentrional del Valle de

Aridane. El número de diques que arman en las lavas y piroclastos del Edificio Bejenado es muy reducido.

4.2.4. Edificio Cumbre Vieja

Es una dorsal volcánica activa, alargada en dirección N-S, de unos 20 km de largo y una altura máxima de 1950 m (Pico Birigoyo). Está compuesta por numerosos centros eruptivos, principalmente conos de tefra (cenizas, lapilli, escorias y bombas) o aglutinados, y lavas que se derraman desde los mismos sobre los flancos de la dorsal. Estos materiales se originaron en erupciones fisurales, de estilo hawaiano-estromboliano y freatomagmático, y composición basanítica o tefrítica. También afloran domos y domos-colada fonolíticos y algunos edificios hidromagmáticos de composición basanítica en sus flancos.

La edad de esta estructura volcánica, la más moderna de las que constituyen la isla, está comprendida, en lo que se refiere a su parte emergida, entre 123 ka y la actualidad. Los flancos de Cumbre Vieja han sufrido importantes procesos de erosión marina que han dado lugar al desarrollo de un acantilado costero de altura variable. Las lavas y capas de piroclastos cortados por el escarpe tienen edades >20 ka, y son, por tanto, más antiguas que el último máximo glaciar, momento en que el nivel del mar se hallaba a más de 100 m por debajo del actual. En la costa del Valle de Aridane, estos materiales forman el acantilado marino situado al S de la desembocadura del Barranco de Tenisca. Este escarpe aumenta de altura progresivamente hacia el S, desde unos 40 m en el citado punto hasta unos 200 m en el sector de Puerto Naos, a la vez que aumenta la edad de las lavas cortadas en el talud. Las lavas de edad <20 ka, incluyendo las emitidas en siete de las ocho erupciones de fecha histórica registradas en el edificio (siglos XV CE-actualidad), forman deltas litorales al pie del acantilado, fosilizándolo en esos sectores.

Los centros eruptivos del Edificio Cumbre Vieja se concentran en tres bandas principales que coinciden con zonas de intrusión preferente de diques. Estas bandas confluyen en un punto situado en el extremo N de la línea de cumbres del edificio. La de dirección N-S es la dominante y de mayor desarrollo. Coincide con dicha línea de cumbres o eje estructural principal de la dorsal, donde se localizan la mayor parte de los centros eruptivos del edificio. Las otras dos, de direcciones NO y NE, están mucho menos desarrolladas. Varios de los conos de escorias situados en el sector inferior del Valle de Aridane, como la Montaña de Tenisca, la Montaña de Argual, y la Montaña del Laurel o de Triana, se sitúan en el extremo N de la banda NO. Estos centros de emisión se alinean con conjuntos de conos situados en la zona media-alta del valle y la zona de cumbres de Cumbre Vieja, incluyendo algunos de fecha histórica como la Montaña Quemada (erupción de Tacande, entre 1470–1492) y el volcán de Tajogaite (2021). Este posible eje estructural secundario en el Edificio Cumbre Vieja queda marcado, además de por las alineaciones de conos, por la presencia de algunos diques verticales y fracturas abiertas de la misma dirección que los lineamientos (NO-SE) en los subsuelos del sector costero del valle.

Alineaciones de conos volcánicos de Cumbre Vieja con otros rumbos también pueden reconocerse en el interior del Valle de Aridane, como la que forman los conos estrombolianos de las montañas de Triana, La Laguna y Todoque, en la zona costera del valle, de dirección NNO-ESE.

5. GEOLOGÍA DEL VERTIDO

El CNV establece que el área del estudio hidrogeológico será la que corresponda a la cuenca hidrológica superficial que se localice aguas abajo del punto de vertido, ampliada con una poligonal paralela a su contorno a una distancia de medio kilómetro. El punto de vertido no se localiza en una cuenca hidrográfica bien definida, ya que la red de drenaje en el sector está muy poco encajada. Además, esta red de drenaje fue muy modificada por las coladas de la erupción del Tajogaite. La topografía indica que antes de la erupción la escorrentía de la zona debía canalizarse hacia el S de la Montaña de la Laguna y luego por el sector de El Pollo hacia el mar. Por ello se considerará como zona de estudio una franja de terreno de anchura 2 km comprendida entre el punto de vertido al E y la línea de costa al O.

5.1. Geología de superficie

Los terrenos donde se emplaza la parcela en la que se producirá el vertido están formados por coladas de lava de morfología *aa* y composición basanítica del Edificio Cumbre Vieja. En concreto, estas lavas son las más modernas de todo el edificio Cumbre Vieja, y se formaron durante la erupción del Volcán Tajogaite, ocurrida entre el 19 de septiembre y el 13 de diciembre de 2021. Las lavas que forman la parcela se emplazaron a partir de la tarde del día 20 de octubre, y produjeron la destrucción parcial del núcleo urbano de La Laguna.

Las lavas de morfología *aa* desarrollan durante el flujo, enfriamiento y finalmente detención y consolidación una base y una corteza exterior fragmentaria, formada por fragmentos de lava irregulares y espinosos de tamaño decimétrico (brechas autoclásticas de lava). El interior, por el contrario, se enfría más lentamente y consolida formado una roca masiva con grados de vesicularidad variable y afectada por una fracturación más o menos marcada y regular. Se estima que la colada *aa* de la erupción del Tajogaite que cubrió la parcela donde se producirá el vertido alcanzó un espesor total de 4,3 m.

Más al O, los terrenos que forman el área de estudio están constituidos por lavas y piroclastos del Edificio Cumbre Vieja, cubiertos en ciertos sectores por las coladas anteriores (**Figura 2**).

5.2. Geología del subsuelo

No se dispone de información geológica (columnas litológicas) de perforaciones profundas, como pozos de captación de aguas subterráneas o sondeos mecánicos de reconocimiento, en la parcela donde se emplazará el vertido o en sus proximidades, ni de información geofísica lo suficientemente detallada para establecer la columna volcano-estratigráfica local. Sin embargo, ésta puede ser reconstruida de forma aproximada a partir de la información que se extrae de perforaciones o cortes naturales más lejanos situados dentro de la zona de estudio. La porción de dicha columna que resulta de interés para este estudio es la situada por encima del nivel del mar, ya que en acuífero potencialmente afectado por el vertido se emplaza en los materiales que la constituyen.

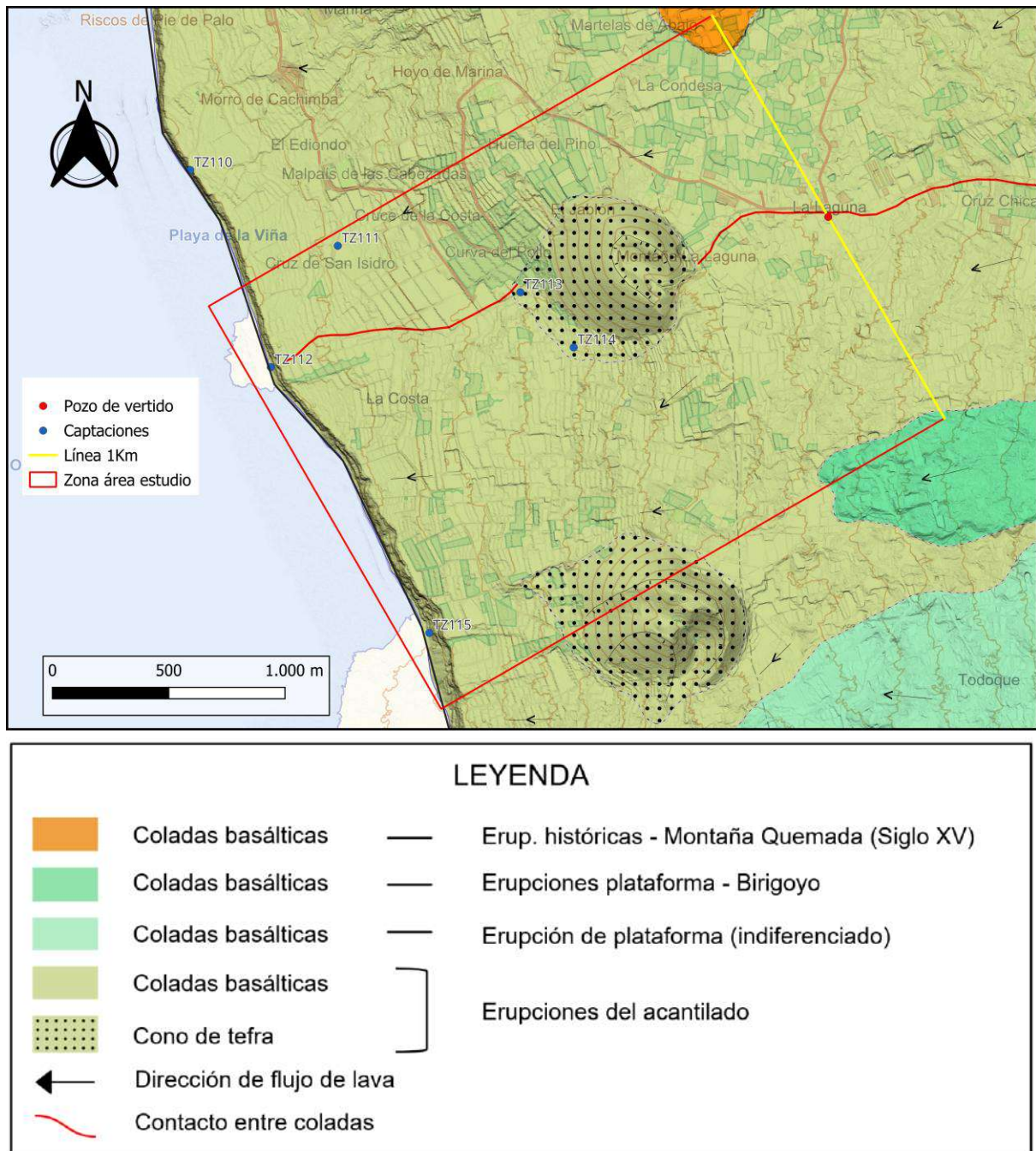


Figura 2. Mapa geológico del área de estudio con la identificación de las unidades volcánicas aflorantes. Las coladas de las erupción del Volcán Tajogaite (2021) no están representadas en el plano.

Dicha secuencia está constituida por lavas y piroclastos del Edificio Cumbre Vieja, con buzamiento general hacia el O. La sucesión de materiales de este edificio visible en el acantilado costero aumenta progresivamente hacia el S, desde unos 50 m en la Playa de la Viña hasta casi 80 m en la Playa del Perdido. En dicho acantilado se observa un apilamiento de coladas de composición basanítica o tefrítica y morfología *aa*. La secuencia visible en este acantilado consiste en un apilamiento de varias coladas de lava superpuestas. Todas ellas muestran una morfología *aa*, es decir, presentan una zona

interna o central de roca masiva, aunque afectada por un conjunto de fracturas, y zonas fragmentarias (brechas autoclásticas de lava) a techo y muro de la misma. El espesor individual de estas coladas varía entre 5 y 10 m. Los contactos entre ellas son erosivo-deposicionales. Varias de las coladas rubefactan suelos de muy escasa potencia desarrollados en el techo de las inmediatamente inferiores. Algunas están parcialmente canalizadas en pequeños paleocauces excavados en las coladas anteriores. Esto provoca una gran variabilidad en el espesor de sus zonas masivas y brechoides, que muestran espesores de 1 a 10 m.

La información geológica disponible para los pozos situados en el área de estudio al S del pueblo de Tzacorte, todos ellos situados por debajo de la cota 165 m, no es muy precisa, pero todos parecen haber atravesado en el subsuelo, hasta el nivel del mar, exclusivamente materiales del Edificio Cumbre Vieja. Es posible que bajo la parcela de actuación, situada a cota más alta, pueda hallarse en el subsuelo, bajo los materiales del Edificio Cumbre Vieja, coladas del Edificio Bejenado a cota superior pero próxima al nivel del mar. Sin embargo, se desconoce si los materiales de este último edificio se extienden tan hacia el S en los subsuelos del valle.

La estructura geológica del sector de estudio por debajo del nivel del mar está sujeta a considerables incertidumbres, derivadas del desconocimiento existente sobre los siguientes extremos: 1) profundidad y geometría del techo del Complejo Basal; 2) profundidad y geometría del plano de despegue basal del deslizamiento de Aridane, que en parte debe cortar a materiales submarinos del Edificio Taburiente y Cumbre Nueva; 3) espesor del depósito de avalancha rocosa emplazado en el fondo del valle. La reconstrucción geométrica del techo del Complejo Basal realizada en el Plan Hidrológico Insular de 2001 y estudios previos muestran que el techo de esta formación adquiere mayor pendiente (46% o más) y cambia de orientación dentro de la depresión, disponiéndose en dirección prácticamente E-O bajo el Edificio Bejenado, mientras que al N del Barranco de las Angustias su pendiente es de aproximadamente 20% y su orientación N-S. Tal geometría, junto con la ausencia de materiales del Edificio Taburiente y Cumbre Nueva en la margen derecha del citado barranco sugiere que el deslizamiento eliminó toda la cobertura de materiales de estos edificios y parte de los materiales del Complejo Basal infrayacente, emplazándose el plano de despegue dentro de esa formación y a gran profundidad bajo la superficie actual del terreno. Así, la secuencia de materiales de relleno podría alcanzar espesores de 800–1000 m en el eje longitudinal central del valle. Esta reconstrucción geométrica implica que el techo del Complejo Basal se emplaza a cota muy por debajo del nivel del mar bajo los materiales del Edificio Bejenado y Cumbre Vieja en el sector de estudio.

6. ACUÍFERO DEL VALLE DE ARIDANE

6.1. Caracterización general

La masa de agua subterránea en la que se verificará el vertido es la identificada con el código ES70LP002 Costero en la zonificación hidrológica establecida por el PHDHLP. Esta masa de agua comprende un área superficial de 170,66 km² (un 24,14% de la superficie total de la isla; **Figura 3**). El PHDHLP determina que el estado global de esta masa de agua es bueno, tanto en lo que se refiere a su estado cuantitativo como a su estado químico. Según el citado plan, las principales presiones contaminantes a las que está sometida esta masa de agua son suelos contaminados, instalaciones

industriales abandonadas o filtraciones asociadas con almacenamiento de derivados del petróleo en lo que se refiere a las fuentes de contaminación puntuales, y a la agricultura, ganadería y vertidos de núcleos urbanos no conectados a las redes de saneamiento en lo que se refiere a las fuentes difusas. La masa de agua ES70LP002 es la que presenta una mayor carga contaminante por actividades ganaderas en la isla, tanto en términos absolutos como por hectárea. No obstante, los valores de aporte de nitrógenos derivados de la actividad ganadera, son bastante inferiores en comparación con los aportes de nitrógeno de origen agrícola, especialmente en las masas de agua ES70LP002 y ES70LP005.

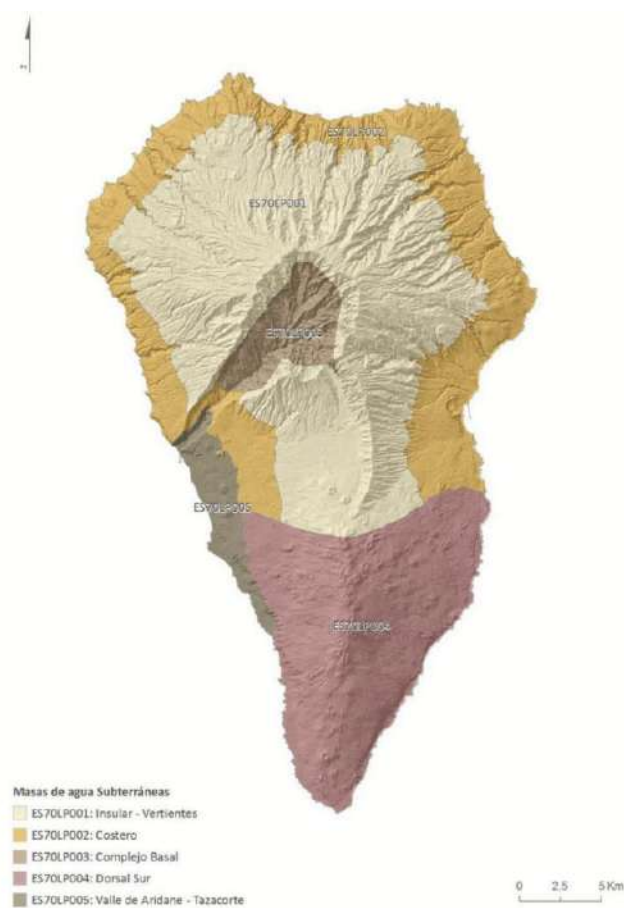


Figura 3. Delimitación de las masas de agua subterránea diferenciadas en la isla de La Palma. Según el PHDHLP.

Sin embargo, el punto de vertido se halla muy próximo al borde inferior de la citada masa de agua y muy próximo al borde superior de la masa de agua subterránea contigua, identificada con el código ES70LP005 Valle de Aridane-Tazacorte en la zonificación hidrológica establecida por el PHDHLP (el límite entre ambas masas se verifica a la cota 300 m). Las únicas captaciones de aguas subterráneas inventariadas por el CIALP que podrían resultar afectadas por el vertido son las que explotan esta última masa de agua, que corresponde al denominado acuífero costero del Valle de Aridane. Esta masa de agua comprende un área superficial de 24,66 km² (un 3,5% de la superficie total de la isla). Su límite inferior es la línea de costa. El PHDHLP determina que el estado global de esta masa de agua es malo. Según el citado documento, el estado cuantitativo es bueno, pero no así su estado químico. En todo caso, el estado cuantitativo parece haberse establecido con datos del año 2022, no muy representativos

porque las extracciones se redujeron transitoriamente hasta una sexta parte de las que se verifican en la actualidad. La principal presión química identificada por el PHDHLP en esta masa de agua es el aumento de nitratos de origen agrario, a lo que se unen los efectos causados por las emisiones de CO₂ de origen volcánico en los subsuelos del Valle de Aridane causadas por la erupción del Volcán Tajogaite.

Las aguas extraídas de este acuífero costero se pueden considerar en general como bicarbonatadas sódicas, o cloruradas sódicas en el caso de los pozos salinizados. Antes de la erupción del Tajogaite, el contenido total de sales disueltas en el agua elevada era de entre 500 y 1000 mg/l, el contenido en CO₂ de 10–30 mg/l, y el de cloruros de 50–100 mg/l; este último parámetro alcanzaba los 3000 mg/l en aguas de pozos o sondeos salinizados. La conductividad eléctrica de las aguas era inferior a los 1000 µS/cm en el 16% de las aguas extraídas, entre 1000 y 1200 µS/cm en el 58% y superior a los 1200 µS/cm en el 26% restante (**Tabla 3**). La temperatura del agua oscilaba entre los 18,5 y 28°C, correspondiendo los mayores valores a aguas circulantes en terrenos próximos al Complejo Basal. En la caracterización de la masa de agua ES70LP005 del anexo 1 del vigente PHDHLP, se recogen los valores medios para los parámetros hidroquímicos más importantes del agua del acuífero en el periodo 2008-2022 (**Tabla 4**).

PARÁMETRO	UNIDAD	VALORES		
		min-máx	Promedio (P)	MPQ ⁽¹⁾
C.E.	(µS/cm)	627 – 1.594	1.124,5	654,0
Sílice	mg/l	29,5 – 55,5	41,5	5,1
Calcio	mg/l	23,4 – 63,1	39,9	23,2
Magnesio	mg/l	16,4 – 50,8	30,5	17,7
Potasio	mg/l	5,3 – 73,8	27,8	16,2
Sodio	mg/l	37,8 – 212,1	163,8	95,2
Amonio	mg/l	0 – 0,5	0,02	0,01
Bicarbonatos	mg/l	207,4 – 567,4	436,6	253,9
Cloruros	mg/l	30,8 – 201,6	50,8	29,6
Sulfatos	mg/l	82,9 – 155,1	119,8	119,8
Nitratos	mg/l	17,5 – 121,7	74,17	74,3
Flúor	mg/l	0,3 – 1,3	0,7	0,2
Nitrito	mg/l	0 – 3,5	0,1	0,03
Fosfato	mg/l	0 – 0,3	0,1	0,01

⁽¹⁾ Media ponderada en el caudal.

Tabla 3. Valores hidroquímicos promedio más relevantes del acuífero costero del Valle de Aridane en el periodo 2008-2022, según la caracterización de la masa de agua ES70LP005 (Valle de Aridane-Tazacorte) realizada por el vigente PHDHLP.

Sin embargo, tras la erupción del Volcán Tajogaite, se registró un notable incremento en el CO₂ disuelto en el agua del acuífero. Asociado a este incremento se ha detectado, según el estudio realizado al efecto y recogido en el anexo 2 de la memoria del PHDHLP, un aumento en la conductividad eléctrica

del agua elevada y en la concentración de los aniones HCO_3 (con un aumento de los valores medios del 26%, desde 436 a 571 mg/l) y Cl, aunque este último en menor medida. También se registró un aumento en la concentración de los cationes Ca (su concentración ha aumentado y se ha homogeneizado en todas las captaciones entre 50-60 mg/l) y Na, con un aumento del 31% (valores medios incrementados desde 164 a 217 mg/l). En contraste, se aprecia un descenso del pH y sulfatos. Según el estudio, el descenso generalizado del pH y el aumento de bicarbonatos pueden ser consecuencia del aumento de CO_2 disuelto en el agua tras la erupción.

Basándose en los valores promedio antes de la erupción, el PHDHLP identifica, en la caracterización de la masa de agua ES70LP005, un incumplimiento en el buen estado químico correspondiente a la concentración de nitratos, cuyos valores máximo, mínimo, medio y mediana se han determinado en 121,70 mg/l, 17,50 mg/l, 74,17 mg/l y 76,80 mg/l, respectivamente, en el periodo considerado (2008-2022). El valor medio (74,17 mg/l) se halla por encima del valor umbral, fijado en 50 mg/l por la normativa hidrológica (**Tabla 4**). Este valor se asocia a un impacto por contaminación por nutrientes en la masa de agua, que implica presiones sobre la misma por fuentes difusas debidas a la actividad agrícola y los vertidos procedentes de los núcleos urbanos no conectados a la red de saneamiento. En consecuencia, el PHDHLP prescribe evitar o limitar la entrada de contaminantes y el deterioro del estado de la masa de agua subterránea ES70LP005 e invertir toda tendencia significativa y sostenida al aumento de la concentración de estas sustancias debido a la actividad humana.

VALORES UMBRAL								
Parámetro	Unidad	Nivel de referencia	Criterio de calidad	Valor umbral	Promedio 2014	Promedio 2015	Promedio 2017	Promedio 2022
Nitratos	ppm	59,7	50	50	83,6	86,7	70,1	71,3
Amonio	ppm	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-
Cloruros	ppm	600	250	600	52,5	53,0	52,0	-
Fluoruros	ppm	-	1,5	1,5	-	-	0,7	-
Sulfatos	ppm	250	250	250	127,3	122,3	119,7	-
C.E.	$\mu\text{S/cm}$	2.500	2.500	2.500	1.097,1	1.115,0	1.111,4	-
Nitritos	ppm	-	0,5	0,5	-	-	0,01	-
Fosfatos	ppm	-	0,7	0,7	-	-	0,07	-

Tabla 4. Valores promedio y umbral de sustancias y parámetros indicadores de contaminación en el acuífero costero del Valle de Aridane según la caracterización de la masa de agua ES70LP005 (Valle de Aridane-Tazacorte) realizada por el vigente PHDHLP. Se registra un incumplimiento del estado químico por nitratos.

Según el PHDHLP, la concentración de nitratos en el acuífero ha registrado un comportamiento favorable pero lento en los últimos años, con una ligera disminución en respuesta a las medidas programadas para corregir la contaminación difusa (**Figura 4**). En consecuencia, se plantea una solicitud de prórroga a 2033 en el cumplimiento de los objetivos medioambientales de la masa ES70LP005, que deberá ser revisada en 2027 sobre la base de los nuevos datos disponibles.

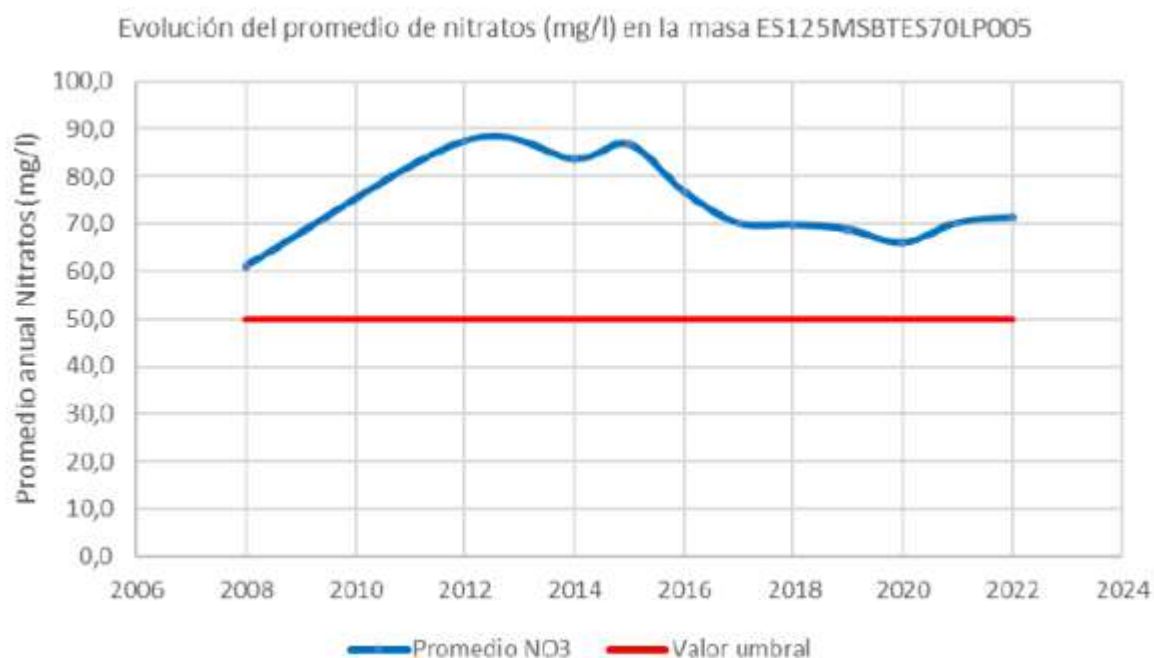


Figura 4. Evolución del valor promedio del valor de la concentración de nitratos en los pozos del acuífero costero del Valle de Aridane en el periodo 2008-2022 según el PHDHLP.

6.2. Consideraciones sobre el balance hídrico

El sector del acuífero del Valle de Aridane que podría ser afectado por el vertido se alimenta con la infiltración directa de las aguas de lluvia que caen sobre su vertical, del agua de recarga infiltrada en el área de cumbres de Cumbre Vieja y la zona alta del valle (masa de agua ES70LP001 Acuífero Insular-de las Vertientes) y la que puede trasvasarle el acuífero de Cumbre Vieja (masa de agua ES70LP004 Acuífero de Cumbre Vieja) desde su extremo N. La posibilidad de establecer un balance hídrico preliminar del acuífero estudiado son limitadas. La principal dificultad se centra en la determinación de la cuantía de los caudales trasvasados desde el acuífero de Cumbre Vieja, y la influencia que las estructuras emplazadas en el extremo N de este edificio puedan tener en la circulación de los caudales subterráneos circulantes en los subsuelos del valle. Otro factor a tener en cuenta es la variabilidad del régimen anual de precipitaciones, que provoca la existencia de periodos o secuencias multianuales húmedas y secas. Las consecuencias inmediatas de este hecho es que las recargas a lo largo del año y las anuales son muy variables.

6.3. Características hidráulicas de las formaciones geológicas en el sector de estudio

El comportamiento hidráulico de las formaciones geológicas aflorantes y presentes en los subsuelos del sector de estudio por encima del nivel del mar es muy variable, desde las que son masivas, muy compactas y prácticamente impermeables, hasta las que poseen una gran porosidad y permeabilidad. A continuación se hace una estimación no sistemática de los parámetros hidráulicos más relevantes (porosidad, permeabilidad y transmisividad) de los materiales de las distintas formaciones presentes o potencialmente presentes en la zona de estudio y en sus límites a partir de los datos disponibles. Estos valores deben entenderse como una primera aproximación a los reales, que solo pueden determinarse con cierta precisión mediante ensayos in situ y modelos hidrogeológicos detallados. Debe tenerse en cuenta

que las estimaciones de permeabilidad realizadas se refieren a conductividad hidráulica o permeabilidad de Darcy, que implican condiciones saturadas y por tanto son diferentes a las de estos materiales en las condiciones no saturadas en que se verificará inicialmente el vertido. Los valores estimados para los distintos materiales son valores medios, sin diferenciar la permeabilidad vertical de la horizontal.

6.3.1. Edificio Bejenado

Teniendo en cuenta los datos publicados para materiales de edad y características petrológicas similares, las coladas lávicas *aa* de este edificio pueden presentar una permeabilidad de 0,1 a 1 m/día (algo permeables) en sus zonas masivas, posiblemente algo mayor si se hallan fracturadas o microfracturadas (~2 m/día), y de 100 m/día (permeables) en sus zonas de brechas autoclásticas. La porosidad eficaz media del conjunto de estas coladas puede ser de un 10% y su permeabilidad media estar comprendida entre 25 y 50 m/día. A partir de un ensayo de recuperación realizado en el pozo el Salto del Barranco de Tenisca, que tiene el nivel del agua en estos materiales, se determinó una transmisividad de 570–580 m²/día (método de Theis-Jacob).

6.3.2. Edificio Cumbre Vieja

Las coladas de lavas *aa* de este edificio pueden presentar una permeabilidad de 0,5–10 m/día (algo permeable a permeable) en sus zonas masivas y de 50 a 1000 m/día (permeable a muy permeable) en sus zonas brechoides. La porosidad eficaz media del conjunto de estas coladas puede oscilar entre el 10 y el 20% y su permeabilidad media entre 100 y 500 m/día. El ensayo de recuperación de un pozo emplazado en la línea de costa del valle con su nivel estático en estas coladas (pozo San Antonio) dio una transmisividad de 530 m²/día. En lo que se refiere a los piroclastos basálticos algo soldados que forman los conos de escorias de esta formación, como los que forman la Montaña de la Laguna, se estima una permeabilidad de 0,5 a 50 m/día (algo permeable a permeable).

6.4. Modelo conceptual del acuífero. Piezometría y niveles

El acuífero estudiado es un acuífero libre, emplazado en los materiales volcánicos descritos en los apartados anteriores, que constituyen el relleno de la depresión del deslizamiento de Aridane. El límite superior del acuífero es la superficie freática. Tal y como indica el PHDHLP en la ficha de caracterización de las masas de agua involucradas, la piezometría del acuífero del Valle de Aridane en la zona de estudio es mal conocida. Los mapas de isopiezas disponibles, procedentes del proyecto SPA-15 de 1975 y del primer Plan Hidrológico Insular de La Palma publicado en 2001, son de una escala muy general (insular), por lo que su nivel de detalle es escaso, y no están actualizados debido a la escasez de datos de control. Por ello, la representación de la superficie freática disponible en la actualidad no pasa de ser una mera hipótesis de trabajo.

La reconstrucción inicial de la superficie freática del acuífero se representa en el mapa de isopiezas de la **Figura 5**. Según ésta, el gradiente hidráulico (*i*) medio del acuífero es igual o inferior al 5%, y las direcciones del flujo subterráneo en general se verifican de cumbre a mar en sentido OSO, perpendiculares a las curvas de nivel del terreno. La cota media de la superficie freática en los subsuelos del valle está comprendida entre 0 m en la línea de costa y aproximadamente 100 m bajo la cota 300 m. La geometría de dicha superficie se asemeja a la topografía de la zona costera del valle, si bien puede presentar sinuosidades locales marcadas por zonas de infiltración y circulación preferente de las aguas

subterráneas hacia el mar a lo largo de los principales barrancos.

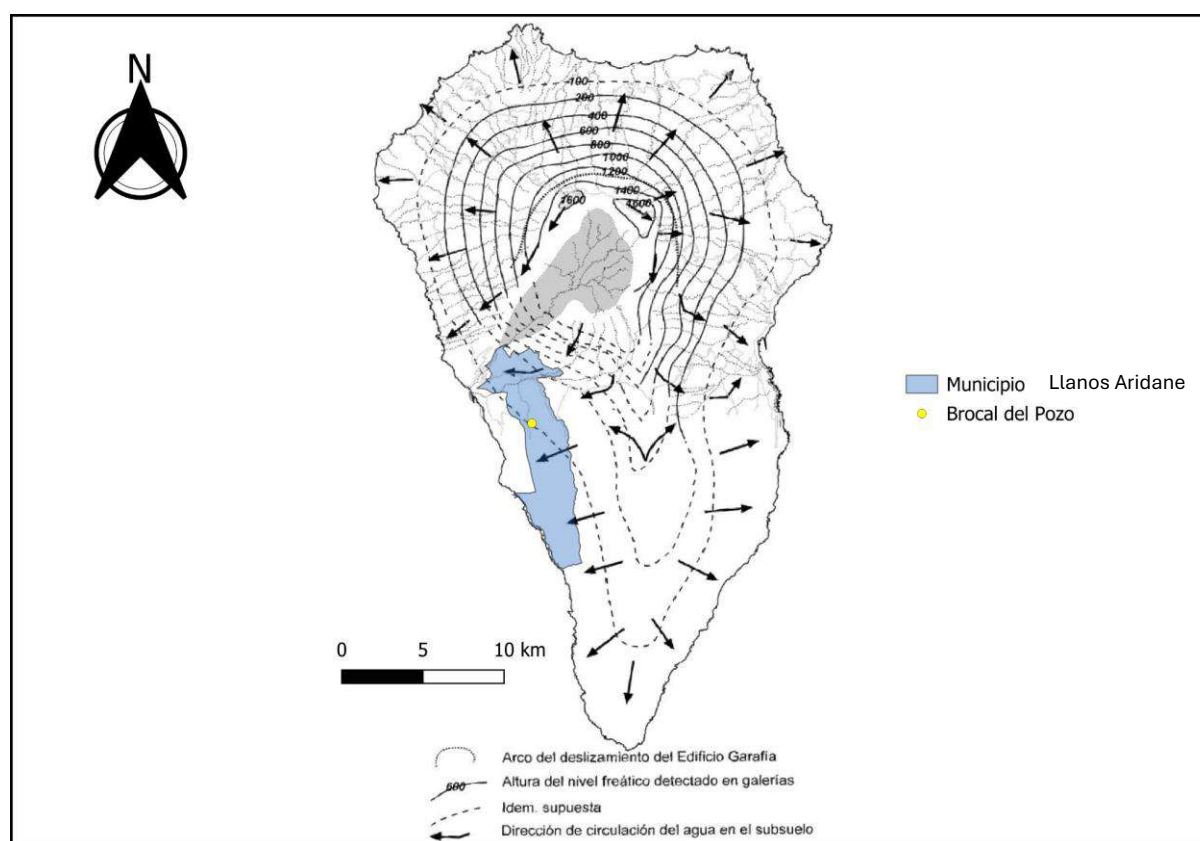


Figura 5. Mapa de isopiezas y principales direcciones de flujo subterráneo en la isla de La Palma. Según PHDHLP.

7. COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO DEL EFLUENTE

Los materiales permeables a muy permeables del Edificio Cumbre Vieja que forman los terrenos iniciales en los se infiltrará el vertido actúan en conjunto como zona de circulación libre, en la que las aguas subterráneas se infiltran por gravedad hacia la superficie freática del acuífero general o profundo. La piezometría disponible indica que dicho nivel freático se halla a cota aproximada de 100 m bajo el punto de vertido. Esto representa un espesor no saturado de ~200 m, que tendrá que recorrer el efluente desde el fondo del pozo filtrante hasta alcanzar la zona saturada general. Como se indicó en el apartado 6.3.2, la conductividad hidráulica (coeficiente de permeabilidad o permeabilidad de Darcy) media de la secuencia de lavas del Edificio Cumbre Vieja que forma la zona no saturada puede estimarse 100–500 m/día. Ello implica que en primera aproximación el tiempo de tránsito para que el caudal infiltrado en el pozo absorbente alcance el acuífero podría estimarse, descontando el efecto de los niveles piroclásticos del edificio, de permeabilidad más reducida, en unos pocos días.

Sin embargo, con toda probabilidad el tiempo de tránsito será considerablemente mayor, puesto que hay que tener en cuenta que la infiltración del efluente en la zona no saturada implica un flujo de agua subterránea en condiciones de saturación variable. La infiltración del efluente en estas condiciones

crea en el subsuelo un bulbo de humidificación alrededor del pozo absorbente, limitado por un frente de saturación que se expande en el subsuelo. En los momentos iniciales de funcionamiento del pozo, el frente se comporta de forma análoga a una zona de baja permeabilidad que limita la infiltración. Conforme el frente se aleja de la zona de infiltración, es decir, se aleja de la zona de influencia de la presión de percolación en el punto de recarga, este efecto va desapareciendo y el desplazamiento del bulbo se rige por la gravedad. Como efecto contrario, el frente de saturación también crea en los momentos iniciales acusados gradientes hidráulicos, debido a que el terreno se encuentra inicialmente en condiciones no saturadas con presión negativa. Esto facilita inicialmente la infiltración, aunque de nuevo el efecto se va atenuando con la expansión del bulbo. La geometría precisa que adoptará en el subsuelo este bulbo de humidificación alrededor del punto de vertido, y su evolución en el tiempo hasta alcanzar eventualmente la zona saturada depende de múltiples factores tanto del terreno como del propio vertido, siendo los primeros difíciles de establecer, y su determinación implica un modelado numérico que queda totalmente fuera del alcance de este informe.

En todo caso, la excepcional potencia de la zona no saturada y el reducido caudal de vertido garantizan una elevada capacidad de atenuación natural y depuración adicional antes de la incorporación al acuífero de constituyentes del efluente como materia orgánica, bacterias fecales y posibles hidrocarburos del vertido, debido a los procesos de filtración natural en el medio poroso, aireación y adsorción biogeoquímica que se verifican en la zona vadosa. Gracias al tratamiento adoptado, los hidrocarburos solo estarán presentes en el efluente en cantidades residuales, lo que excluye también su acumulación patente en los terrenos más próximos al pozo filtrante y posibles efectos nocivos en la parte más superficial de la zona no saturada. La capacidad de retención del terreno de otros componentes del efluente, como los nitratos y otras sales nutrientes disueltas, que apenas son disminuidas con un tratamiento primario como el proyectado, es más reducida, lo que a largo plazo puede provocar la llegada de estas sustancias al acuífero.

8. ANÁLISIS DEL RIESGO DE CONTAMINACIÓN

Teniendo en cuenta lo establecido en el apartado anterior, el riesgo de contaminación del acuífero se evalúa como MUY BAJO. La combinación de: 1) Un caudal de vertido reducido ($\sim 290 \text{ m}^3/\text{año}$ sin contar las aguas pluviales); 2) Un tratamiento previo adecuado (Separador Clase I, Fosa Séptica); y 3) Un espesor de $\sim 200 \text{ m}$ de la zona no saturada (zona de aireación o zona vadosa), formada por materiales volcánicos porosos con capacidad de filtración y atenuación, permiten concluir que la mayor parte de la carga contaminante del efluente será retenida y depurada eficazmente en la zona vadosa antes de alcanzar el acuífero. A modo de resumen, se clasifica el riesgo según los parámetros clave (**Tabla 5**).

En el caso de que una fracción de los contaminantes del efluente alcancen el acuífero (la zona saturada), en especial los nitratos y otras sales nutrientes de alta movilidad en el subsuelo, se considera poco probable que el vertido produzca una contaminación apreciable. Debido a la alta transmisividad prevista para el acuífero ($T \approx 530 \text{ m}^2/\text{día}$) y la baja carga contaminante, no es esperable la formación de ninguna pluma de contaminación detectable. Estas sustancias se incorporarían al flujo regional (E-O), donde serían diluidas de forma inmediata en el volumen de agua subterránea circulante.

Zona	Profundidad vadosa	Caudal	Tratamiento	Riesgo estimado
Emplazamiento DISA	~200 m	0.75 m ³ /día	Fosa + Separador Clase I	Muy Bajo

Tabla 5. Parámetros clave del riesgo de contaminación.

Además de muy reducido, este posible impacto debe contextualizarse: como declara el PHDHLP, la masa de agua ES70LP005 ya se encuentra en mal estado químico debido a presiones regionales a gran escala. Frente a estas presiones mayores (actividad agraria, intrusión marina, emisiones gaseosas del volcán), un efecto tan reducido por parte de un vertido puntual al subsuelo, que no puede ser evacuado a la red de alcantarillado urbano por contener potencialmente hidrocarburos, es hidrológicamente poco relevante.

9. POSIBLE AFECCIÓN A CAPTACIONES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Teniendo en cuenta la piezometría del acuífero y el sentido de circulación preferente de las aguas subterráneas bajo el punto de vertido, los aprovechamientos de aguas subterráneas que podrían resultar afectados por el vertido son los situados al O dentro de la zona de estudio. En esta situación el CIALP tiene inventariadas cinco captaciones que han explotado o explotan el acuífero basal del Valle de Aridane (Tabla 6).

Pozo (Nombre)	Tipo	Código obra	Coordenadas UTM (X, Y)	Cota (m)	Distancia al punto de vertido (m)	Caudal (l/s)	Z Nivel estático (m)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Estado
San Isidro	P	TZ0007P1	213574,00 3170476,97	80	2112	46,6 (año 1988)	2,18	1400	En explotación
San Luis	P	TZ0005P1	214359,84 3170276,98	137	1362	No alumbró agua	—	—	Inactividad indefinida (sepultado)
Fondo de la Montaña	P	TZ0004P1	214588,87 3170039,92	164	1229	No alumbró agua	—	—	Inactividad indefinida (sepultado)
Taparratana	GP	TZ0006P4	213286,00 3169955,00	7	2481	10,7 (año 1979)	—	—	Inactividad indefinida (sepultado)
Guirres	GP	TZ0003P4	213967,73 3168812,00	19	2477	Alumbró agua	—	—	Inactividad indefinida (sepultado)

Tabla 6. Captaciones de aguas subterráneas inventariadas en el sector de estudio. P: pozos convencionales, PG: pozo galería.

De ellas, tres son pozos verticales convencionales (pozos canarios) y dos son pozos-galería, túneles con pendiente ascendente o descendente que cuentan con pocetas o pozos verticales de

profundidad variable, de forma que el nivel del agua se halla por debajo de la boca de la perforación y es necesario su bombeo para extraerla. Estas dos últimas (Taparratana y Los Guirres) se excavaron en la base del acantilado marino actual o del paleoacantilado marino fosilizado por las lavas de erupciones históricas. Dos de los pozos (San Luis y Fondo de la Montaña) no llegaron a alumbrar agua. Los dos pozos-galería alumbraron agua pero no elevan en la actualidad. Estas cuatro captaciones quedaron sepultadas bajo las lavas de la erupción del Tajogaite, por lo que en la zona de estudio la única captación en explotación es el pozo San Isidro, situado a 2.112 m de distancia en planta del punto de vertido.

La afección directa a esta captación por el vertido proyectado se considera muy improbable. Esta conclusión se fundamenta en la distancia al punto de vertido, pues caso de que algún contaminante contenido en el efluente acceda al acuífero, se diluirá en él mucho antes de recorrer esa distancia.

10. MEDIDAS ADECUADAS PARA GARANTIZAR LA INOCUIDAD DEL VERTIDO

A pesar de que el análisis de riesgo (apartado 8) y la evaluación de afección a captaciones (apartado 9) concluyen que el riesgo de afección que supone el vertido es muy bajo, dado que el RCV establece entre los contenidos mínimos de los informes hidrogeológicos la formulación de medidas para garantizar la inocuidad del acuífero, pasamos a enunciar las medidas preventivas y de vigilancia que se estiman más efectivas entre las que pueden ser abordadas por el gestor de la instalación.

1) Cumplimiento del Plan de Mantenimiento: Este plan, especificado en el anexo V del proyecto constructivo, incluye el vaciado periódico de lodos de la fosa séptica y la inspección, vaciado y limpieza del decantador y del separador de hidrocarburos por un gestor autorizado, garantizando en todo momento el correcto funcionamiento de los equipos.

2) Programa de Vigilancia y Control: Es conveniente establecer un programa de vigilancia y control del líquido residual previamente tratado que se verterá al pozo absorbente, mediante la toma de muestras en los puntos accesibles previos a la infiltración al terreno (arqueta de toma de muestras para la red hidrocarburada y arqueta de salida de la fosa séptica). Los parámetros a analizar serán, como mínimo: Hidrocarburos Totales (TPH) en la red hidrocarburada, y Materia en Suspensión (MES) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) en la red fecal. Se propone una analítica inicial en el primer mes de funcionamiento del sistema y, posteriormente, analíticas de control con frecuencia anual.

3) Correcta Ejecución del Pozo Filtrante: Para evitar la colmatación del pozo absorbente y filtraciones superficiales del efluente, la ejecución de esta instalación se sujetará a lo especificado en el apartado 3.5 del presente documento. Ello no es óbice para que sus características puedan ser modificadas a la vista de los resultados de ensayos puntuales de permeabilidad que se ejecuten en el pozo o en el terreno filtrante.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se concluye que el riesgo de afección al acuífero o a las captaciones próximas que lo explotan, por parte del vertido al subsuelo, mediante pozo absorbente, de las aguas residuales generadas en la estación de servicio a instalar en la Carretera LP-213 La Laguna a Puerto Naos, previamente depuradas mediante el sistema de tratamiento especificado en el proyecto constructivo, es muy bajo. Esta conclusión se sustenta en las características cuantitativas (volumen de vertido) y cualitativas (concentración de contaminantes tras el tratamiento de depuración proyectado) del efluente que se verterá al pozo, así como los parámetros hidrogeológicos y geometría del acuífero y de la zona no saturada en que se producirá el vertido, y la posición y características de las captaciones de aguas subterráneas del entorno.

Para garantizar la inocuidad del vertido es necesario asegurar el correcto funcionamiento del sistema de tratamiento y evacuación adoptados, por lo que se recomienda adoptar las medidas enunciadas en el apartado 10 de este informe.

12. ANEJOS

Para dar cumplimiento a lo establecido en el RCV, se incluye la siguiente documentación aneja:

Anejo 1. Analíticas de agua del pozo San Isidro (TZ0007P1).

Anejo 2. Plano de situación de área de estudio.

Puerto de la Cruz, a 4 de noviembre de 2025

Fdo: Juan Jesús Coello Bravo

Geólogo

GEOMECANICA Y AGUAS, S.A.

P-05-056-06

ANALISIS NO :
DENOMINACION: P. SAN ISIDRO
PETICIONARIO: GEO-AGUA S.A.

FECHA DE TOMA:

FECHA: 10-10-88

HOJA DE ANALISIS

DETERMINACIONES REALIZADAS :

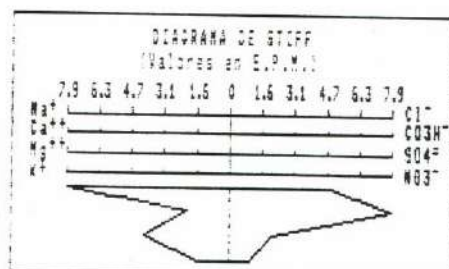
CATIONES				ANIONES			
		mg/litro	meq/litro			mg/litro	meq/litro
Sodio	Na ⁺	120.00	5.20	Carbonatos	CO ₃ ²⁻	0.00	0.00
Potasio	K ⁺	61.00	1.56	Bicarbonatos	CO ₃ H ⁻	100.00	2.87
Calcio	Ca ⁺⁺	40.00	2.00	Sulfatos	SO ₄ ²⁻	99.00	2.06
Magnesio	Mg ⁺⁺	50.00	4.11	Cloruros	Cl ⁻	174.00	4.91
Amonio	NH ₄ ⁺	0.00	0.00	Nitratos	NO ₃ ⁻	59.00	0.95
				Nitritos	NO ₂ ⁻	0.00	0.00

ANALISIS FISICOS :

* Conductividad (umhos/cm)	1400.00
* Dureza (Grados Franceses)	30.61
pH	7.30
* Solidos disueltos (mg/l)	1143.10
* Parámetro calculado; * a 25 grados C	

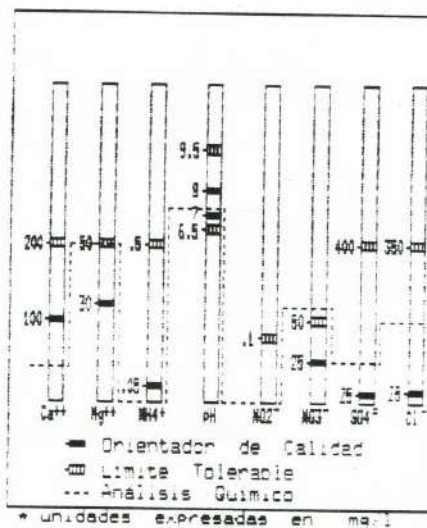
RELACIONES IONICAS :

Cl/Na	0.63	Mg/Ca	2.06
Cl/(Na+K)	0.52	Na/Ca	3.92
Cl/SO ₄	0.38	Na/K	5.02
(CO ₃ +CO ₃ H)/Ca	0.94	SO ₄ /Ca	1.03
(CO ₃ +CO ₃ H)/(Ca+Mg)	1.29	SO ₄ /(Ca+Mg)	0.34



Determinaciones Especiales:

NO SE HA REALIZADO NINGUNA



OBSERVACIONES :

ANALISIS FISICO - QUIMICOS DEL AGUA

ISLA DE LA PALMA

DATOS DE LA CAPTACION

Tipo Galeria Pozo Sigla 1
Denominación SAU ISIDRO
Longitud / Profundidad
Localización de la Muestra Galeria

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de Entrada 5-12-77
Fecha de Análisis 3-1-78
N.º de Laboratorio

DATOS FISICO - QUIMICOS DE CAMPO

Fecha de Muestreo <u>2-12-77</u>	Temp. Aire	°C	CO ₂	mg l.
pH	Temp. Agua	°C	O ₂	
Resistividad ohms. cm.	Dureza Total	mg/l. de CO ₂ , Ca	Cl ⁻	

EXAMEN PRELIMINAR LABORATORIO

Residuo seco 110°C	<u>1013</u>	mg / l.	Dureza permanente		mg/l. de CO ₂ , Ca
Densidad		gr / cc.	pH	<u>7.3</u>	
TA	<u>0.00</u>	Grados franceses	Conduct. (20°C.)	<u>1.330</u>	mhos cm
TAC	<u>29.60</u>	Grados franceses	Si O ₂		mg l.
Dureza Total	<u>20.00</u>	mg l. de CO ₂ , Ca			

ELEMENTOS MAYORES

Cationes	me / l.	mg / l.	Aniones	me / l.	mg / l.
Ca ++	<u>2.160</u>	<u>43.3</u>	CO ₃ =	<u>0.000</u>	<u>0.000</u>
Mg ++	<u>3.840</u>	<u>46.7</u>	CO ₃ H ⁻	<u>2.920</u>	<u>433.90</u>
NH ₄ +		<u>148.00</u>	SO ₄ =	<u>1.816</u>	<u>87.22</u>
Na -	<u>6.437</u>	<u>50.0</u>	F ⁻		
K +	<u>1.278</u>	<u>0.00</u>	Cl ⁻	<u>4.000</u>	<u>142.00</u>
Mn		<u>0.00</u>	NO ₃ -	<u>0.540</u>	<u>33.70</u>
Fe		<u>0.00</u>	NO ₂ -		
Suma	<u>13.715</u>			<u>14.276</u>	

MICROELEMENTOS

B			Co	
Cu		<u>0.00</u>	I	
As			Br	
Li			Zn	<u>0.068</u>
Sr			Pb	
Ni			Cr	

S. A. R.	OBSERVACIONES:
C. S. R.	
M. O. B.	
Inspección	

ANALISIS FISICO-QUIMICOS DEL AGUA

DATOS DE LA CAPTACION

Tipo POZO Sigla

Denominación SAN ISIDRO

Longitud/Profundidad TUBERIA BOCA POZO

Localización de la Muestra LA PALMA (TAZACORTE)

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de Entrada 25-10-79
Fecha de Análisis 23-11-79
N.º de Laboratorio 194

DATOS FISICO-QUIMICOS DE CAMPO

Fecha de Muestreo	29-8-79	CO ₃ -		mg/l.	Es turbia
Conductividad	µ mhos, cm	Temp. Aire		°C	Tiene olor
pH		Temp. Agua		°C	Tiene sabor
		Dureza Total		G. franceses	Tiene color

EXAMEN PRELIMINAR LABORATORIO

Residuo seco 110°C	837	mg/l.	Dureza permanente	0'00	Grados franceses
Densidad		gr/cc.	pH	8'35	
TA	3'87	Grados franceses	Conduct. (20°C.)	1150	Pmhos/cm
TAC	39'69	Grados franceses	Si O ₂	32'80	mg/l.
Dureza Total	31'50	Grados franceses	Total sólidos disueltos		mg/l.

ELEMENTOS MAYORES

Cationes	me/l.	mg/l.	Aniones	me/l.	mg/l.
Ca ++	2'18	43'69	CO ₃ =	1'549	46'49
Mg ++	4'12	50'09	CO ₃ H-	6'389	389'86
NH ₄ +	0	0'00	SO ₄ =	2'00.5	96'28
Na +	7'304	168'00	NO ₃ -	0'00	0'00
K +	1'522	59'50	Cl-	4'52	160'27
Mn		0'00	NO ₂ -	0'227	17'20
Fe		0'00	NO ₃ -	0	0'00
Suma	15'126			14'24	

MICROELEMENTOS

B			Co		
Cu		0'00	I		
As			Br		
Li		0'00	Zn		0'05
Sr		0'33	Pb		
Ni			Cr		0'00

S. A. R.		OBSERVACIONES:	DIAGRAMA DE STIFF MODIFICADO
C. S. R.			
<i>I. de saturación</i>			
Clasificación			

15

ANALISIS FISICO - QUIMICOS DEL AGUA

DATOS DE LA CAPTACION

Tipo P020 Sigla _____
 Denominación SAN ISIDRO
 Longitud/Profundidad EN EXTRACCION
 Localización de la Muestra LA PALMA

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de Entrada 9-12-83
 Fecha de Análisis Enero-84
 N.º de Laboratorio _____

DATOS FISICO-QUIMICOS DE CAMPO

Fecha de Muestreo <u>25-5-83</u>	CO ₂ -	<u>7558,26</u>	mg/L	Es turbia _____ Tiene olor _____ Tiene sabor _____ Tiene color _____
Conductividad _____ μ mhos/cm	Temp. Aire		°C	
pH _____	Temp. Agua		°C	
	Dureza Total		G. franceses	

EXAMEN PRELIMINAR LABORATORIO

Residuo seco 110°C		mg/L	Dureza permanente		Grados franceses
Densidad		gr/cc.	pH	<u>8,83</u>	
TA		Grados franceses	Conduct. (20°C)	<u>1430</u>	μ mhos/cm
TAC		Grados franceses	Si O ₂	<u>47,09</u>	mg/L
Dureza Total		Grados franceses	Total sólidos disueltos		mg/L

ELEMENTOS MAYORES

Cationes	me/L	mg/L	Aniones	me/L	mg/L
Ca ++	<u>2,00</u>	<u>40,00</u>	CO ₃ =	<u>0,80</u>	
Mg ++	<u>2,96</u>	<u>59,96</u>	CO ₃ H-	<u>6,95</u>	
NH ₄ +	—	—	SO ₄ =	<u>2,05</u>	
Na +	<u>6,95</u>	<u>159,85</u>	PO ₄ =	—	
K +	<u>1,40</u>	<u>54,60</u>	Cl -	<u>3,35</u>	
Mn	—	—	NO ₃ -	<u>0,116</u>	
Fe	—	—	NO ₂ -	—	
Suma	<u>13,31</u>			<u>13,26</u>	

MICROELEMENTOS

B			Co		
Cu	—		I		
As			Br		
Li	—		Zn		
Sr			Pb		
Ni			Cr		
S.A.R.			OBSERVACIONES:		DIAGRAMA DE STIFF MODIFICADO
C.S.R.					
L. de extracción					
Clasificación					

K _____ NO₃ _____
 Mg _____ Cl _____
 Na _____ SO₄ _____

186

4

ANALISIS FISICO - QUIMICOS DEL AGUA

DATOS DE LA CAPTACION

Tipo Pozo Sigla _____
 Denominación SAN ISIDRO
 Longitud/Profundidad _____
 Localización de la Muestra LA PALMA

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de Entrada 9-12-83
 Fecha de Análisis Febrero - 84
 N.º de Laboratorio _____

DATOS FISICO-QUIMICOS DE CAMPO

Fecha de Muestreo	CO ₂	mg/L	Es turbia
<u>6-12-83</u>			
Conductividad <u> </u> µmhos/cm	Temp. Aire	°C	Tiene olor
pH <u> </u>	Temp. Agua	°C	Tiene sabor
	Dureza Total	G. franceses	Tiene color

EXAMEN PRELIMINAR LABORATORIO

Residuo seco 110°C	mg/L	Dureza permanente	Grados franceses
Densidad	g/cc	pH	<u>8,04</u>
TA	Grados franceses	Conduct. (20°C)	<u>1.150</u>
TAC	Grados franceses	Si O ₂	<u>45</u>
Dureza Total	Grados franceses	Total sólidos disueltos	mg/L

ELEMENTOS MAYORES

Cationes	me/L	mg/L	Aniones	me/L	mg/L
Ca ++	<u>1,71</u>	<u>34,20</u>	CO ₃ =	—	—
Mg ++	<u>2,96</u>	<u>35,96</u>	CO ₃ H-	<u>7,43</u>	<u>453,23</u>
NH ₄ +	—	—	SO ₄ =	<u>1,70</u>	<u>81,60</u>
Na +	<u>6,15</u>	<u>148,45</u>	PO ₄ ³⁻	—	—
K +	<u>1,35</u>	<u>52,65</u>	Cl-	<u>2,75</u>	<u>97,63</u>
Mn	—	—	NO ₃ -	<u>0,14</u>	<u>8,70</u>
Fe	—	—	NO ₂ -	—	—
Suma	<u>12,17</u>			<u>10,02</u>	

MICROELEMENTOS

B	me/L	mg/L	Co	me/L	mg/L
Cu	<u>AR</u>	—	I		
As			Br		
Li			Zn		
Sr			Pb		
Ni			Cr		

S.A.R.	OBSERVACIONES:	DIAGRAMA DE STIFF MODIFICADO
C.S.R.		
L de catiónes		
Clasificación		

Diagrama de Stiff Modificado:

K ————— NO₃

Ca ————— Cl

Mg ————— SO₄

Na+K ————— CO₃ H

ANALISIS FISICO-QUIMICOS DEL AGUA

DATOS DE LA CAPTACION

Tipo Pozo Sigla _____
 Denominación SAN ISIDRO (PARADO)
 Longitud/Profundidad Nivel 0,38 mts. a las 8,30 horas
 Localización de la Muestra LA PALMA

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de Entrada 14-3-84
 Fecha de Análisis 14-3-84
 N.º de Laboratorio _____

DATOS FISICO-QUIMICOS DE CAMPO

Fecha de Muestreo 12-3-84 OF. M.
 Conductividad _____ μ mhos/cm
 pH _____
 CO₂- 514,65 mg/L
 Temp. Aire _____ °C
 Temp. Agua _____ °C
 Dureza Total _____ G. franceses

Es turbia _____
 Tiene olor _____
 Tiene sabor _____
 Tiene color _____

EXAMEN PRELIMINAR LABORATORIO

Residuo seco 110°C	mg/L	Dureza permanente	Grados franceses
Densidad	gr/cc	pH	7,60
TA	Grados franceses	Conduct. (25°C)	1.820
TAC	Grados franceses	Si O ₂	40,71
Dureza Total	Grados franceses	Total sólidos disueltos	mg/L

ELEMENTOS MAYORES

Cationes	me/L	mg/L	Aniones	me/L	mg/L
Ca ++	1,75	35,00	CO ₃ =	—	—
Mg ++	3,02	36,69	CO ₃ H-	6,98	425,78
NH ₄ +	—	—	SO ₄ =	1,65	79,20
Na +	6,73	154,79	PO ₄ =	—	—
K +	1,06	41,34	Cl -	3,96	140,58
Mn	—	—	NO ₃ -	0,12	7,45
Fe	—	—	NO ₂ -	—	—
Soma	12,56	—		12,71	—

MICROELEMENTOS

B	Co
Cu	I
As	Br
Li	Zn
Sr	Pb
Ni	Cr

S.A.R.	OBSERVACIONES	DIAGRAMA DE STIFF MODIFICADO
C.S.R.		
L. de saturación		
Clasificación		

Diagrama de Stiff Modificado showing scales for Ca, Mg, Na+K, and CO₃ + HCO₃.

ANALISIS FISICO - QUIMICOS DEL AGUA

DATOS DE LA CAPTACION

Tipo	POZO	Sigla	
Denominación	SAN ISIDRO		
Longitud/Profundidad	Nivel 0,49 mts.		
Localización de la Muestra	TAZACORTE		

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de Entrada	27-11-87
Fecha de Análisis	Diciembre-87
N.º de Laboratorio	201

DATOS FISICO-QUIMICOS DE CAMPO

Fecha de Muestreo	17-11-87	CO ₂ -	7,62	mg/L	Es turbia
Conductividad	µmhos/cm	Temp. Aire		°C	Tiene olor
pH		Temp. Agua		°C	Tiene sabor
		Dureza Total		G. franceses	Tiene color

EXAMEN PRELIMINAR LABORATORIO

Residuo seco 110°C		mg/L	Dureza permanente		Grados franceses
Densidad		gr/cc.	pH	8,37	
TA		Grados franceses	Conduct. (20°C.)	1203	µmhos/cm
TAC		Grados franceses	Si O ₂	45	mg/L
Dureza Total		Grados franceses	Total sólidos disueltos		mg/L

ELEMENTOS MAYORES

Cationes	me/L	mg/L	Aniones	me/L	mg/L
Ca ++	1,46		CO ₃ =	0,16	
Mg ++	2,84		CO ₃ H -	6,98	
NH ₄ +		< 0,2	SO ₄ =	2,68	
Na +	6,65				
K +	1,77		Cl -	2,97	
Mn			NO ₃ -		< 2
Fe			NO ₃ -		
Suma	12,22			12,29	

MICROELEMENTOS

B			Co		
Cu	AR → 0		I		
As	Fe → 0		Br		
Li			Zn		
Sr			Pb		
Ni			Cr		

S. A. R.

C. S. R.

L. de autorización

Clasificación

OBSERVACIONES:

DIAGRAMA DE STIFF MODIFICADO

K NO₃
 Mg Cl
 Mg SO₄
 Ca CO₃ H



- Pozo de vertido
- Captaciones
- Línea 1Km
- Zona área estudio

