

**ANEJO Nº 3. CAPTACIÓN DE LIXIVIADOS Y DESGASIFICACIÓN DEL
VERTEDERO.**

ÍNDICE.

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE LIXIVIADO.....	1
3.- DIMENSIONAMIENTO DEL COLECTOR DE DRENAJE.	1
4.- DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERÍAS DE DRENAJE.....	2
5.- DIMENSIONAMIENTO DEL DEPÓSITO DE LIXIVIADOS.....	3
5.1.- Dimensionamiento de la balsa de lixiviados.....	3
5.1.1.- Criterio adoptado por la norma UNE 104425.	3
5.1.2.- Criterio seguido en el vertedero actualmente en explotación.....	3
5.1.3.- Capacidad del depósito.	3
5.2.- Planta de tratamiento de efluentes líquidos.	4
6.- DESGASIFICACIÓN DEL VERTEDERO.....	4
6.1.- Introducción.....	4
6.2.- Sistema de extracción del gas.	5
6.3.- Diseño del pozo de extracción de gas.	5
6.4.- Diseño de la tubería general.	6

ANEXO 1.- DIMENSIONAMIENTO DEL COLECTOR DE DRENAJE.

ANEXO 2.- DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERÍAS DE DRENAJE.

ANEXO 3.- PRECIPITACIÓN MÁXIMA MEDIA MENSUAL.

ANEXO 4.- DEFINICIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO.

ANEJO Nº 3. CAPTACIÓN DE LIXIVIADOS Y DESGASIFICACIÓN DEL VERTEDERO.

1.- INTRODUCCIÓN.

El sistema de recogida y extracción de lixiviados del nuevo vaso se realiza por gravedad, con una pendiente longitudinal mínima del 2,00% para el colector principal y del 2,00% para las tuberías de captación de lixiviado.

El colector principal estará constituido por tubería lisa de polietileno de alta densidad y evacuará los lixiviados generados en la masa de residuos, atravesando el dique de cierre, hasta una nueva balsa de lixiviados, que entrará en servicio para este nuevo vaso del Complejo Medioambiental, a ubicar aguas abajo del nuevo vaso, al pie del dique de cierre. Desde la balsa, se dará salida a los lixiviados mediante bombeo, hasta la planta de tratamiento y biometanización del Complejo Medioambiental.

En cuanto a la red de captación de lixiviados del fondo del vaso, se realiza mediante el tendido de tuberías lisas de polietileno de alta densidad ranuradas, colocadas en zanjas drenantes de grava, con una distribución en planta en forma de “espina de pez”, y que conectan finalmente con el colector principal situado en el centro del vaso.

2.- ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE LIXIVIADO.

La formación de lixiviado se debe a la precipitación natural de agua y a la posterior presión a la que son sometidos los residuos, teniendo una incidencia mucho menor el efecto de la descomposición sobre el volumen total de lixiviado. Se puede estimar el caudal de lixiviado mediante un balance hidrológico.

Para el caso que nos ocupa, dada las características de la cuenca que conforma el nuevo vaso, las condiciones pésimas para el diseño de la red de lixiviados se presentan en el estado inicial del vertedero, en el cual sólo se ha vertido una capa de residuos, cuando todo el agua de lluvia caída en el vaso es necesario evacuarla a través del sistema de drenaje de lixiviados del vaso.

De acuerdo con ello, y partiendo de la ecuación que rige la formación de lixiviado, se concluye que para determinar la cantidad de lixiviado a evacuar los términos de escorrentía superficial (ES), volumen perdido debido a la evaporación (V_e), la transpiración bioquímica (W_b) y el volumen perdido debido a la consolidación (W_c) adoptarán un valor nulo o prácticamente nulo, quedando que todo el volumen de lixiviado a evacuar en el vaso se corresponde con la

precipitación. Esto es:

$$L_v = P - ES - V_e - W_b - W_c \longrightarrow L_v = P$$

donde:

- L_v = Volumen de lixiviado antes del recubrimiento.
- P = Volumen de precipitación.
- ES = Escorrentía superficial.
- V_e = Volumen perdido debido a la evaporación.
- W_b = Transformación bioquímica.
- W_c = Volumen debido a la consolidación.

Por lo tanto, el caudal total de lixiviado vendrá dado por el volumen de precipitación caído dentro del nuevo vaso. En el Anejo nº 1 se determina el caudal de desagüe asociado a la superficie del nuevo vaso de vertido para un periodo de retorno de 25 años:

T (años)	C	I (mm./h)	A (m ²)	Q (m ³ /seg.)
25	1,00	4,644	190.203,96	0,2942

Tabla 1. Caudal de desagüe del nuevo vaso de vertido.

3.- DIMENSIONAMIENTO DEL COLECTOR DE DRENAJE.

El sistema de recogida de lixiviado está constituido por un sistema gravitacional, por lo que para el cálculo hidráulico se empleará la fórmula de Manning.

$$V = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

donde:

- V = Velocidad media.
- n = Coeficiente de rugosidad de Manning.
- R_h = Radio hidráulico, ($R_h = \frac{A}{P}$), siendo A el área de flujo y P el perímetro mojado.
- S = Gradiente.

Si se multiplica la ecuación de Manning por el área de flujo se tiene:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

siendo Q el caudal de desagüe o lixiviado.

Para determinar el diámetro del colector principal del sistema de extracción de lixiviados, se realiza una comprobación de la capacidad hidráulica de diferentes diámetros, tomando como datos de partida que el colector adopta una pendiente longitudinal mínima del 2,00% y trabajará en régimen de lámina libre, con una altura máxima de agua correspondiente al 75% de la sección para el caudal máximo de cálculo a evacuar. En el Anexo 1 se adjunta el cálculo realizado.

De acuerdo con los datos obtenidos, se instalará un colector principal de diámetro exterior 400 mm., constituido por tubería lisa de polietileno de alta densidad de pared compacta, capaz de desaguar al 75% de su sección y con una pendiente del 2%, un caudal de 0,312 m³/seg., superior al caudal de lixiviados generado en el nuevo vaso.

4.- DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERÍAS DE DRENAJE.

El diámetro de las tuberías de drenaje para la recogida del lixiviado generado en el vertedero se determina de la misma forma que en el caso anterior, de manera que conociendo el caudal que es capaz de desaguar un tubo, se calcula la separación entre ellos.

Las tuberías de drenaje estarán distribuidas en el fondo del vaso, conectadas al colector principal, con una distribución en planta en forma de “espina de pez”.

Se ha realizado el cálculo de la capacidad hidráulica que presentan los tubos de diámetro exterior 160 mm. y de 200 mm., obteniendo para cada uno de ellos el caudal que son capaces de desaguar en condiciones de pendiente longitudinal del 2,00% y trabajando en régimen de lámina libre, con una altura máxima de agua correspondiente al 75% de la sección para el caudal máximo de cálculo a evacuar.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se opta por colocar tuberías de drenaje de polietileno lisas de alta densidad ranuradas, de diámetro exterior 160 mm., capaces de desaguar en las condiciones descritas anteriormente un caudal de 0,027 m³/seg.

Conocido el diámetro de las tuberías a instalar y el caudal que son capaces de desaguar, podemos establecer la separación entre las mismas a partir de la fórmula racional:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{K}$$

donde:

- C: Coeficiente medio de escurrimiento de la cuenca o superficie a drenar (m³/seg.)
- A: Área de la cuenca o superficie (m²).
- I: Intensidad media de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración (mm/h).
- K: Coeficiente que depende de las unidades de Q y A, y que incluye un aumento de un 20% en el caudal para tener en cuenta el efecto de las puntas de precipitación.

De esta forma podemos determinar la separación de las tuberías haciendo que el área sea igual a la longitud máxima que presentan las tuberías por su separación, y tomando como caudal el máximo que es capaz de desaguar un tubo:

$$A = \frac{Q \times K}{C \times I} \longrightarrow A = L_{m\acute{a}x} \times S$$

donde:

- L_{máx} = Longitud máxima que alcanzan los tubos de drenaje.
- S = Separación entre los tubos de drenaje.

De acuerdo con el cálculo realizado, y que se adjunta como Anexo 2, los tubos de drenaje permiten una separación máxima de 87,40 m., por lo que se propone finalmente adoptar una separación de 50,00 m.

Además de estas tuberías de drenaje del fondo del vaso, se instalará en su perímetro otra tubería de drenaje de diámetro exterior 200 mm., que conectará a su vez con el colector principal cada 150,00 m. de recorrido.

5.- DIMENSIONAMIENTO DEL DEPÓSITO DE LIXIVIADOS.

Como obra complementaria al nuevo vaso de vertido, se incluye la ejecución de una nueva balsa de lixiviados, que entrará en servicio para este nuevo vaso del Complejo Medioambiental, a ubicar aguas abajo del nuevo vaso, al pie del dique de cierre. Desde la balsa, se dará salida a los lixiviados generados en el nuevo vaso mediante bombeo, hasta la planta de tratamiento de efluentes líquidos ubicada en la planta de biometanización del Complejo Medioambiental.

Los lixiviados generados en la masa de residuos llegarán hasta la balsa, atravesando el dique de cierre, a través del colector principal de lixiviados de diámetro exterior 400 mm., constituido por tubería lisa de polietileno de alta densidad de pared compacta.

5.1.- Dimensionamiento de la balsa de lixiviados.

A continuación se realiza el dimensionamiento de la balsa de lixiviados, a partir de la producción de lixiviados generados en el nuevo vaso de vertido, a través de dos métodos:

1. Criterio adoptado por la norma UNE 104425.
2. Criterio seguido en el vertedero actualmente en explotación.

5.1.1.- Criterio adoptado por la norma UNE 104425.

Como recoge la norma UNE 104425, donde se definen las exigencias de puesta en obra y posterior conservación de los sistemas de impermeabilización de vertederos de residuos con láminas de polietileno de alta densidad (PEAD), en su apartado 4.2.6, "Almacenamiento de lixiviado", se determina la capacidad de la balsa de lixiviados a través de la expresión:

$$V_{lix} = P_{mm} * S$$

donde,

- P_{mm} es la precipitación máxima media mensual en l/m².
- S es la superficie del vertedero en m².

Según este criterio, la capacidad de la balsa de lixiviados será tal que sea capaz de almacenar la precipitación máxima de al menos un mes.

Se adjunta al presente anejo, como Anexo 3, Precipitación Máxima Media Mensual, los resultados obtenidos a partir del registro de precipitación mensual disponible, obteniendo un valor de P_{mm} de 33,3 mm.

El valor de superficie para el nuevo vaso de vertido estimada es de 182.003 m², obteniendo de esta manera:

- $V_{lix} = 6.060,70$ m³/mes.
- $V_{lix} = 202.02$ m³/semana.
- $V_{lix} = 28,86$ m³/día.

5.1.2.- Criterio seguido en el vertedero actualmente en explotación.

Siguiendo el criterio adoptado en el vertedero actualmente en explotación del Complejo Medioambiental de Salto del Negro y en el Proyecto de Planta de Clasificación de "Todo Uno" e Impermeabilización de Vaso de Vertido del C.M.A. de Salto del Negro, la balsa de lixiviados se dimensiona estableciendo un ratio de generación de lixiviado, estimando para ello una cantidad de 10 litros por cada tonelada de residuo.

La capacidad máxima de almacenamiento del nuevo vaso de vertido es de 5.366.681,41 m³, de los cuales, aproximadamente el 15% del volumen total será ocupado por tierras de cobertura, correspondiendo el resto del volumen (85%) al vertido de residuos.

Considerando que se alcanza en la compactación una densidad media de residuos de 0,80 T/m³, podemos estimar que las toneladas de residuos que puede almacenar el nuevo vaso de vertido ascienden a 3.649.343,36 t.

Del estudio de la capacidad de almacenamiento realizado, se extrae que la vida media útil del vaso de vertido es de 6 años, por lo que se obtiene un rendimiento medio de vertido de 1.666,40 t.

Aplicando el ratio de generación de lixiviados se obtiene una generación de lixiviados de 16,66 m³/día.

Para tener en cuenta el volumen de lixiviados generados por otro tipo de residuo diferente a los RU, se considera que estos suponen un 25% del total, por lo que el volumen total lixiviados generados en el nuevo vaso será:

- $V_{lix} = 20,83$ m³/día.
- $V_{lix} = 145,78$ m³/semana.
- $V_{lix} = 4.373,25$ m³/mes.

5.1.3.- Capacidad del depósito.

Según los resultados obtenidos por los dos métodos estudiados, se realizan a

continuación una serie de consideraciones al respecto.

En cuanto al primer método, la norma UNE estima que el depósito tenga una capacidad de retención de lixiviados de al menos un mes. En vista del resultado obtenido, es necesario construir un depósito de unos 6.000 m³, lo que consideramos un valor desproporcionado y exorbitantemente sobredimensionado para un depósito de estas características, aun más con la presencia de la planta de tratamiento de efluentes líquidos existente en el Complejo Medio Ambiental, que permitirá que los lixiviados generados sean tratados y eliminados diariamente.

Por esto, consideramos que sería más eficaz construir un depósito con capacidad suficiente para recoger los posibles lixiviados generados en el vertedero durante una semana, por lo que se estima que la construcción de un depósito de unos 200 m³ sería suficiente. Sin embargo, como medida de seguridad y para prevenir situaciones de fuertes aguaceros y posibles paradas de la planta de tratamiento de lixiviados, se propone la construcción de un depósito de hormigón, cerrado, de 300 m³ de capacidad.

Se propone, por tanto, un depósito de hormigón armado de planta cuadrada y dimensiones libres interiores de 10 x 10 metros y 3 metros de altura, que irá acompañado de una caseta de bombeo, formado por un pequeño edificio auxiliar que alojará los elementos del sistema de bombeo de lixiviados, tales como grupo de generación de energía, cuadro eléctrico de la bomba o el sistema de medición de flujo de lixiviado.

El bombeo para la extracción de los lixiviados del depósito estará formado por una bomba sumergible que deberá ser resistente a las propiedades físicas y químicas de los lixiviados, capaz de impulsar un caudal de 20,83 m³/d. y una altura geométrica de 50,00 m., y por una tubería de PEAD de diámetro 90 mm. Se adjunta en el Anexo 4 la definición del equipo de bombeo.

La impulsión de los lixiviados se realizará hasta un punto alto situado al final de la carretera de acceso al nuevo vaso de vertido, y desde aquí conectará, a través de un pozo de registro prefabricado de PEAD de Φ 800 mm., con un colector de PEAD corrugada de doble pared de diámetro nominal Φ 315 mm., que llevará los lixiviados por gravedad hasta el depósito de recepción de la planta de tratamiento de efluentes líquidos situado en la planta de biometanización.

Además de este primer pozo en cabecera, se instalarán pozos de registro, de iguales características, cada 50 m. y en los cambios de alineación.

5.2.- Planta de tratamiento de efluentes líquidos.

Según se extrae del "PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS Y PUESTA EN MARCHA DE LA 2º FASE DE LA PLANTA DE BIOMETANIZACIÓN Y LA 2º FASE DE LA PLANTA DE CLASIFICACIÓN "TODO-UNO" DEL COMPLEJO AMBIENTAL DE SALTO DEL NEGRO (ISLA DE GRAN CANARIA)", la planta de tratamiento de efluentes líquidos tiene una capacidad de tratamiento de 4,2 m³/h, en la que se efectúa el tratamiento de homogeneización, evaporación y condensación de los lixiviados generados en los vasos de vertido, plantas de clasificación y proceso de biometanización.

Esta planta posee un depósito de recepción de unos 170,50 m³, y a él llegarán:

1. Efluente procedente de la primera fase de biometanización: $V_1 = 45,21 \text{ m}^3/\text{día}$.
2. Efluente procedente de la segunda fase de biometanización: $V_2 = 34,97 \text{ m}^3/\text{día}$.
3. Efluente procedente del depósito de lixiviados del nuevo vaso del talud frontal del vertedero y planta de clasificación: $V_3 = 4,21 \text{ m}^3/\text{día}$.
4. Efluente procedente del depósito de lixiviados del nuevo vaso de vertido: $V_4 = 20,83 \text{ m}^3/\text{día}$.

En cuanto a capacidad, el depósito de la planta de tratamiento de efluentes tendrá capacidad suficiente para almacenar todos los lixiviados generados en el Complejo Medio Ambiental, que ascienden a 105,22 m³/día.

Sin embargo, en cuanto al rendimiento o capacidad de tratamiento de la planta, se observa que quedará al límite de su capacidad, pues del cociente entre el volumen de lixiviados generados en el Complejo Medio Ambiental (105,22 m³/día) y la capacidad de de tratamiento de la planta (4,2 m³/h), es igual a 25,05 h/día, lo que obligaría a que la planta esté en continuo funcionamiento durante las 24 h. del día.

6.- DESGASIFICACIÓN DEL VERTEDERO.

6.1.- Introducción.

El gas de vertedero es un gas saturado compuesto de metano y dióxido de carbono, junto con otros elementos traza. Estos gases pueden trasladarse a zonas cercanas y crear peligros de explosión. Por lo tanto, por cuestiones de seguridad y para su aprovechamiento como fuente de energía, se considera interesante la posibilidad de su recuperación. El biogas tiene un poder calorífico de unas 4.300 kcal/m³, lo que se traduce que 1 m³ de biogas equivale a 0,86

kg. de carbón o 0,51 m³ de gas natural.

La recuperación del gas depende de una serie de características propias de cada vertedero, como la cantidad y calidad del gas, la disponibilidad de mercado a una distancia rentable y el precio de la energía. En general, el vertedero debe tener una cantidad de residuos entre 500.000 y 1.000.000 t. con una profundidad de 15 m.

Debido a la tendencia actual para la ejecución de grandes vertederos y al alto precio de la energía, la recuperación del gas de vertedero es un aspecto muy interesante, aunque, como consecuencia de la mayor cantidad de residuos reciclables y reutilizables, la cantidad de materiales vertidos sea menor y se ponga en peligro su viabilidad.

El proceso de desgasificación comporta la extracción, transporte y almacenamiento del biogás acumulado en el vertedero. Con ello se pretende garantizar la seguridad mediante el control de las emisiones gaseosas, y posibilitar el aprovechamiento energético mediante el uso del biogás como combustible para generar energía eléctrica. Este segundo aspecto conlleva, además, una notable reducción de la emisión de gases de efecto invernadero originada en el vertedero, en la medida en que la combustión transforma el metano contenido en el biogás en dióxido de carbono, un gas cuyo efecto invernadero es veintiún veces inferior al primero.

6.2.- Sistema de extracción del gas.

Tanto el revestimiento inferior como el recubrimiento o sellado final del vertedero deben ser impermeables para los gases, por lo que cuando se prevea la formación de gas, se debe instalar un sistema de extracción que sea capaz de evacuar todo el gas que se produzca en el vertedero.

En la fase de explotación del vertedero no se dispone de recubrimiento, por lo que la difusión del gas hacia el exterior es libre, pero puede evitarse con la construcción de suficientes conductos verticales. A medida que los rellenos vayan creciendo, se deberán ejecutar pozos de aspiración del biogás generado dentro de la masa de residuos, instalando conductos verticales equidistantes para que sus zonas de influencia se complementen. Las zonas de influencia se pueden determinar in situ mediante pruebas de aspiración. Estas tuberías verticales se instalarán en la fase de explotación del vertedero, comenzando cuando la profundidad de los residuos haya alcanzado, aproximadamente, el 20% de la profundidad total de la masa de residuos prevista, para que sus zonas de influencia lleguen al fondo del vertedero.

En función de la producción y del tipo de gas se pueden instalar sistema extractores activos o pasivos. Para crear una diferencia de presión suficiente entre los residuos y el

sistema de extracción, los conductos deben ser revestidos de material grueso con alta permeabilidad para gas, como escombros triturados o gravas. La depresión aplicada no debe ser excesiva para no aspirar aire del exterior, puesto que se dañaría el proceso metanogénico.

El vertedero se debe cubrir con la mayor rapidez posible una vez se haya alcanzado su altura final para obtener el mayor rendimiento de extracción.

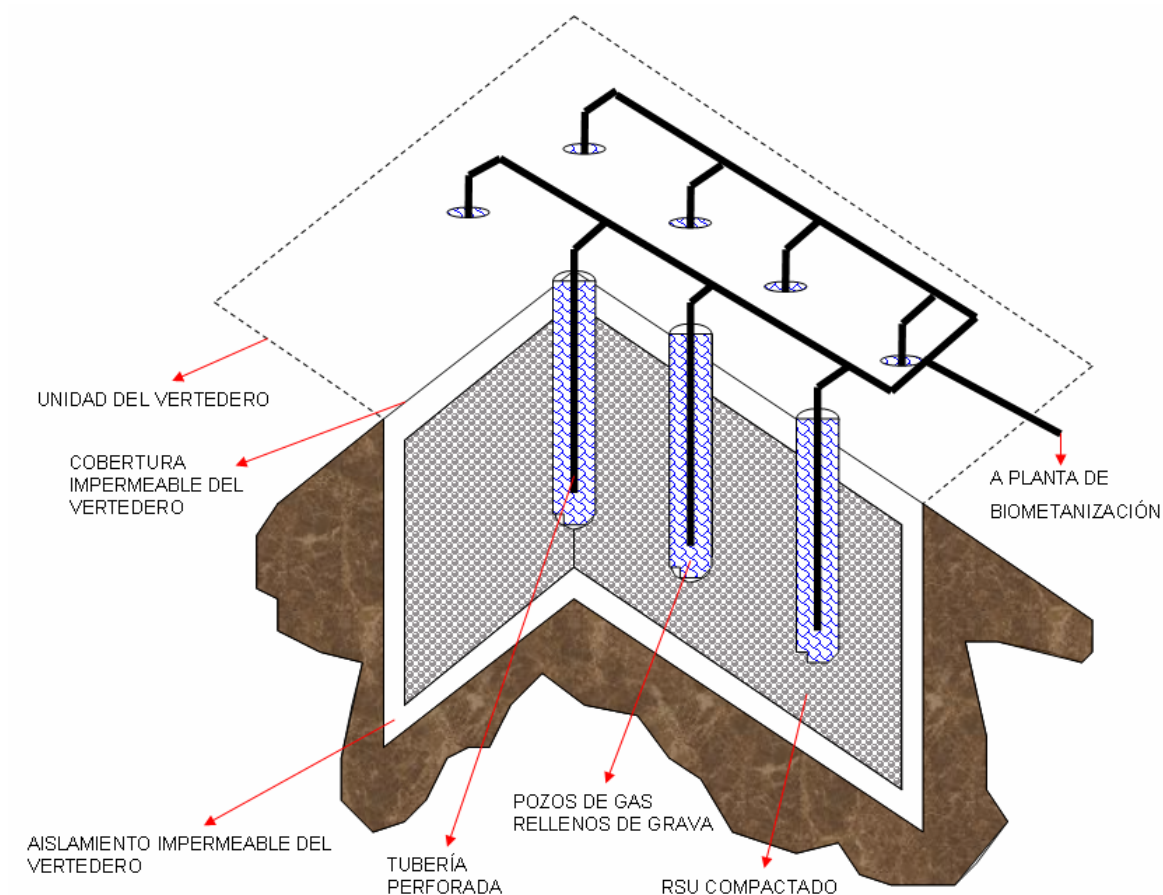


Figura 1. Recuperación de gas de vertedero con chimeneas verticales.

6.3.- Diseño del pozo de extracción de gas.

Estos pozos consisten en un encamisado de tubería perforada fabricadas en polietileno de alta densidad PEAD de diámetro exterior 315 mm., de pared corrugada, con manguito presoldado, ranuras de 5 mm. de ancho en posición a 360°, cerrada mediante una campana superior que quedará unos 1,50 m. al aire. El perímetro del encamisado se rellena con un material grueso con alta permeabilidad para el gas, como escombros triturados, bolos o grava 20/40 mm. A medida que crece la cota de los residuos, se van añadiendo nuevos tramos de

tubo perforado.

Los pozos se reparten por toda la superficie de residuos manteniendo un espaciado suficiente para que la zona de influencia entre dos pozos anexos se solape. El radio de influencia de un pozo se estima por estudio en campo y se especifica como la distancia a la cual la presión negativa medida en sondeos, debida al bombeo de los pozos de extracción, sea prácticamente cero. Un valor medio del área de influencia o captación de cada pozo es 50,00 m. alrededor de los mismos.

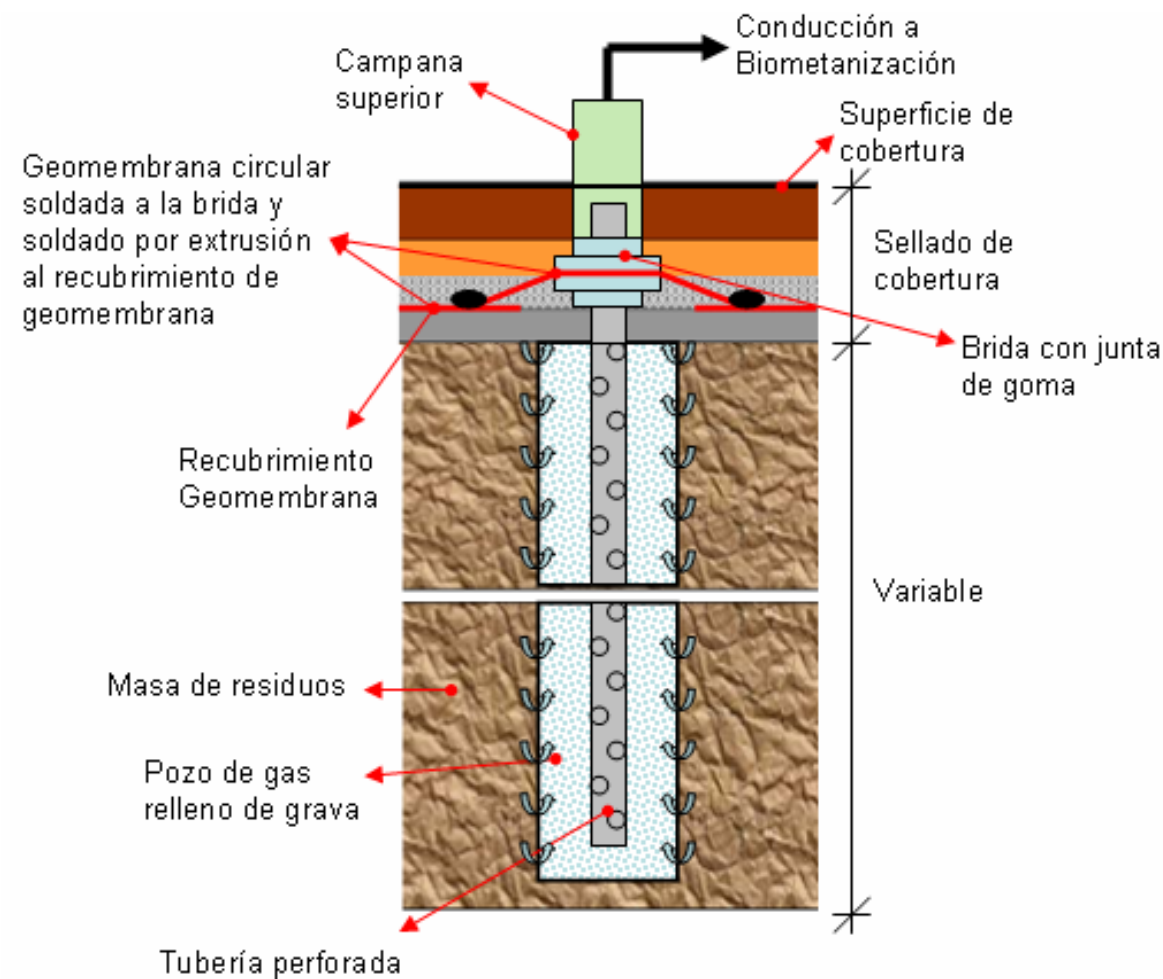


Figura 2. Detalle pozo de extracción de gas.

6.4.- Diseño de la tubería general.

En función de la producción, el tipo de gas y siempre que sea técnicamente posible, durante la fase de relleno del vertedero puede disponerse de una red de aspiración de biogás de los pozos, de carácter provisional, con tubería de polietileno, hasta la planta de generación de energía eléctrica, existente en el Complejo Medioambiental, conectada a su vez a una antorcha donde se produce la combustión del biogás no aprovechable o de poca calidad.

Cuando se proceda a la clausura y sellado final del vaso de vertido se dispondrá la red de aspiración del biogás de los pozos de forma permanente.

La tubería general se encarga de conectar los pozos de extracción del biogás con el soplador y la planta de generación de energía, formada por una tubería de polietileno de alta densidad (PEAD) de 160 mm. de diámetro, metida en una zanja rellena de arena. Para evitar escapes de gas incontrolados, los conductos deben ir provistos de válvulas, sifones o cierres, instalados en el punto más bajo del conducto. Todos el sistema de extracción debe estar constituido con materiales resistentes a la corrosión (PEAD), y con un grosor suficiente para resistir las tensiones debidas a asentamientos y compactaciones. Las conexiones de las tuberías mediante soldadura o brida deben ser resistentes a la tracción.

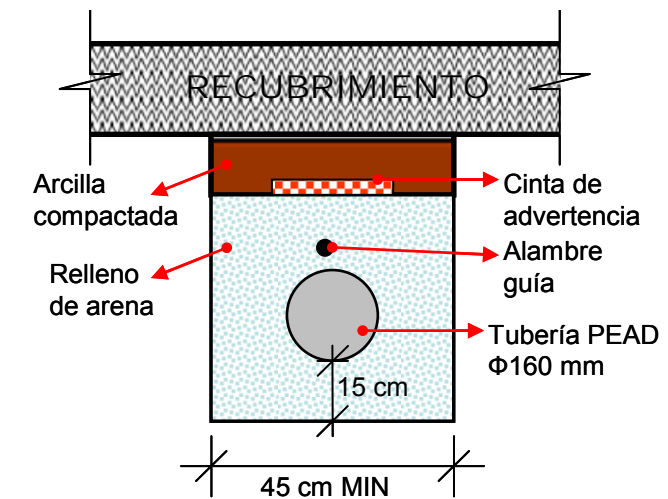


Figura 3. Detalle de zanja tipo y tubería de extracción de gas.

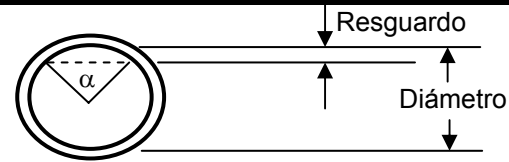
La tubería general de aspiración del biogás conectará con una tubería existente de polietileno de alta densidad (PEAD) de 160 mm. de diámetro que conecta, a su vez, con la soplante instalada en la planta de biometanización, de manera que el gas extraído se incorpora bien al gasómetro para su uso en los motogeneradores, o bien a la antorcha.

El punto de enganche de la red de aspiración del biogás generado en el nuevo vaso de vertido con la red existente, según se recoge en planos, se toma del "PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS Y PUESTA EN MARCHA DE LA 2º FASE DE LA PLANTA DE BIOMETANIZACIÓN Y LA 2º FASE DE LA PLANTA DE CLASIFICACIÓN "TODO-UNO" DEL COMPLEJO AMBIENTAL DE SALTO DEL NEGRO (ISLA DE GRAN CANARIA)", suministrado por el Cabildo de Gran Canaria.

ANEXO 1.- DIMENSIONAMIENTO DEL COLECTOR DE DRENAJE.

TIPO DEL COLECTOR: COLECTOR DE Φ 250 mm.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL COLECTOR.



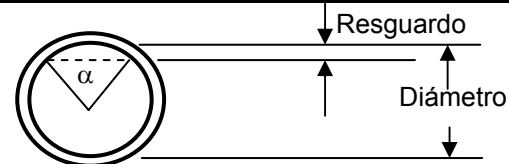
	CON RESGUARDO	SIN RESGUARDO
Diámetro Interior =	0,220 m.	0,220 m.
Radio =	0,110	0,110
Resguardo =	0,055 m.	0,000 m.
Ángulo del resguardo mínimo, α =	2,09 rad.	0,00 rad.

CARACTERÍSTICAS HIDRAÚLICAS DEL COLECTOR.

	CON RESGUARDO	SIN RESGUARDO
Area mojada (S) =	0,031 m ² .	0,038 m ² .
Perímetro mojado (P) =	0,462 m.	0,692 m.
Radio Hidráulico (R _h) =	0,066 m.	0,055 m.
Coefficiente Rugosidad (K) =	125	125
Pendiente media del colector (J) =	0,02 m/m	0,02 m/m

TIPO DEL COLECTOR: COLECTOR DE Φ 315 mm.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL COLECTOR.



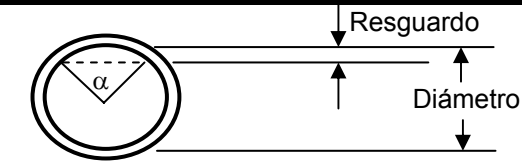
	CON RESGUARDO	SIN RESGUARDO
Diámetro Interior =	0,278 m.	0,278 m.
Radio =	0,139	0,139
Resguardo =	0,069 m.	0,000 m.
Ángulo del resguardo mínimo, α =	2,09 rad.	0,00 rad.

CARACTERÍSTICAS HIDRAÚLICAS DEL COLECTOR.

	CON RESGUARDO	SIN RESGUARDO
Area mojada (S) =	0,049 m ² .	0,061 m ² .
Perímetro mojado (P) =	0,581 m.	0,872 m.
Radio Hidráulico (R _h) =	0,084 m.	0,069 m.
Coefficiente Rugosidad (K) =	125	125
Pendiente media del colector (J) =	0,02 m/m	0,02 m/m

TIPO DEL COLECTOR: COLECTOR DE Φ 355 mm.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL COLECTOR.



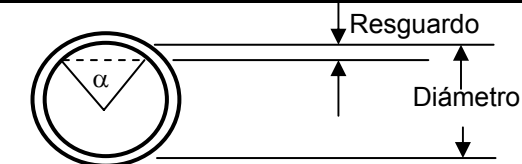
	CON RESGUARDO	SIN RESGUARDO
Diámetro Interior =	0,308 m.	0,308 m.
Radio =	0,154	0,154
Resguardo =	0,077 m.	0,000 m.
Ángulo del resguardo mínimo, α =	2,09 rad.	0,00 rad.

CARACTERÍSTICAS HIDRAÚLICAS DEL COLECTOR.

	CON RESGUARDO	SIN RESGUARDO
Area mojada (S) =	0,060 m ² .	0,074 m ² .
Perímetro mojado (P) =	0,645 m.	0,967 m.
Radio Hidráulico (R _h) =	0,093 m.	0,077 m.
Coefficiente Rugosidad (K) =	125	125
Pendiente media del colector (J) =	0,02 m/m	0,02 m/m

TIPO DEL COLECTOR: COLECTOR DE Φ 400 mm.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL COLECTOR.



	CON RESGUARDO	SIN RESGUARDO
Diámetro Interior =	0,353 m.	0,353 m.
Radio =	0,176	0,176
Resguardo =	0,088 m.	0,000 m.
Ángulo del resguardo mínimo, α =	2,09 rad.	0,00 rad.

CARACTERÍSTICAS HIDRAÚLICAS DEL COLECTOR.

	CON RESGUARDO	SIN RESGUARDO
Area mojada (S) =	0,079 m ² .	0,098 m ² .
Perímetro mojado (P) =	0,738 m.	1,108 m.
Radio Hidráulico (R _h) =	0,106 m.	0,088 m.
Coefficiente Rugosidad (K) =	125	125
Pendiente media del colector (J) =	0,02 m/m	0,02 m/m

CAUDAL QUE ES CAPAZ DE DESAGUAR EL COLECTOR

El sistema de lixiviados estará constituido por un sistema gravitacional, por lo que se empleará la fórmula de Manning:

$$V = k * R_h^{2/3} * J^{1/2}$$

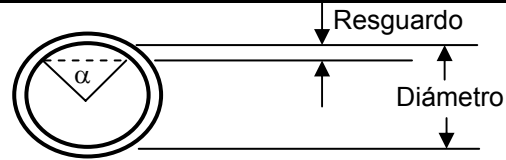
$$Q = k * S * R_h^{2/3} * J^{1/2}$$

Φ_{EXT} (mm)	Φ_{INT} (mm)	CON RESGUARDO		SIN RESGUARDO	
		Q (m ³ /sg)	V (m/sg)	Q (m ³ /sg)	V (m/sg)
250	220	0,089	2,901	0,098	2,560
315	278	0,165	3,384	0,181	2,985
350	308	0,217	3,625	0,238	3,198
400	353	0,312	3,969	0,342	3,501

ANEXO 2.- DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERÍAS DE DRENAJE.

TIPO DEL COLECTOR: COLECTOR DE Ø 160 mm.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL COLECTOR.



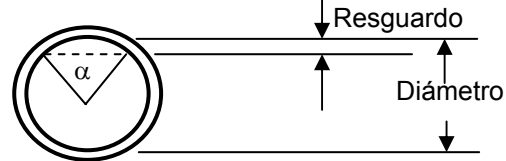
	CON RESGUARDO	SIN RESGUARDO
Diámetro Interior =	0,141 m.	0,141 m.
Radio =	0,071	0,071
Resguardo =	0,035 m.	0,000 m.
Ángulo del resguardo mínimo, α =	2,09 rad.	0,00 rad.

CARACTERÍSTICAS HIDRAÚLICAS DEL COLECTOR.

	CON RESGUARDO	SIN RESGUARDO
Area mojada (S) =	0,013 m ² .	0,016 m ² .
Perímetro mojado (P) =	0,295 m.	0,443 m.
Radio Hidráulico (R _h) =	0,043 m.	0,035 m.
Coefficiente Rugosidad (K) =	125	125
Pendiente media del colector (J) =	0,02 m/m	0,02 m/m

TIPO DEL COLECTOR: COLECTOR DE Ø 200 mm.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL COLECTOR.



	CON RESGUARDO	SIN RESGUARDO
Diámetro Interior =	0,176 m.	0,176 m.
Radio =	0,088	0,088
Resguardo =	0,044 m.	0,000 m.
Ángulo del resguardo mínimo, α =	2,09 rad.	0,00 rad.

CARACTERÍSTICAS HIDRAÚLICAS DEL COLECTOR.

	CON RESGUARDO	SIN RESGUARDO
Area mojada (S) =	0,020 m ² .	0,024 m ² .
Perímetro mojado (P) =	0,369 m.	0,554 m.
Radio Hidráulico (R _h) =	0,053 m.	0,044 m.
Coefficiente Rugosidad (K) =	125	125
Pendiente media del colector (J) =	0,02 m/m	0,02 m/m

CAUDAL QUE ES CAPAZ DE DESAGUAR EL COLECTOR.

Para calcular el caudal a desaguar por el colector se empleará la fórmula de Manning:

$$V = k * R_h^{2/3} * J^{1/2}$$

$$Q = k * S * R_h^{2/3} * J^{1/2}$$

Φ _{EXT} (mm)	Φ _{INT} (mm)	CON RESGUARDO		SIN RESGUARDO	
		Q (m ³ /sg)	V (m/sg)	Q (m ³ /sg)	V (m/sg)
160	137	0,027	2,154	0,030	1,900
200	172	0,049	2,499	0,054	2,205

SEPARACIÓN ENTRE LOS COLECTORES DE DRENAJE.

La fórmula de cálculo para determinar la separación de los colectores de drenaje vendrá dada por la Fórmula Racional:

$$Q = \left(\frac{C * A * I}{K} \right)$$

Siendo:

- Q = Caudal de referencia en m³/seg.
- C = Coeficiente medio de escorrentía.
- A = Área de la cuenca o superficie aportadora, en m².
- I = Intensidad media de precipitación (mm) correspondiente al periodo de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.
- K = Coeficiente que depende de las unidades de Q y A, y que incluye un aumento de un 20% en el caudal para tener en cuenta el efecto de las puntas de precipitación. En este caso se tomará K= 3.000.000.

Tomando como valor de A el correspondiente a la longitud máxima de la tubería por la separación entre colectores:

$$A = \left(\frac{Q * K}{C * I} \right) \longrightarrow A = L_{máx} * S$$

Siendo:

- L_{máx} = Longitud máxima que alcanzan los tubos de drenaje (m).
- S = Separación entre los tubos de drenaje (m).

DATOS DE CALCULO.

C = 1,00 Los datos correspondientes al Coeficiente de
I = 4,644 mm. escorrentía "C" y a la Intensidad Media de Precipitación
"I" se obtienen del Anejo nº 1, "Hidrología y Drenaje".

Φ_{EXT} (mm)	Φ_{INT} (mm)	$L_{m\acute{a}x}$ (m)	CON RESGUARDO		SIN RESGUARDO	
			Q (m ³ /sg)	S (m)	Q (m ³ /sg)	S (m)
160	141	200,00	0,027	87,403	0,030	95,850
200	176	200,00	0,049	158,353	0,054	173,656

ANEXO 3.- PRECIPITACIÓN MÁXIMA MEDIA MENSUAL.

TABLA 1. PRECIPITACIONES MENSUALES.

ISLA DE GRAN CANARIA				Estación 183				Capón			
X= 458.460				Y= 3.102.690				Z= 97			
PRECIPITACIONES MENSUALES											
Nº ORDEN	MES	AÑO	PRECIPITACIÓN (mm)	Nº ORDEN	MES	AÑO	PRECIPITACIÓN (mm)				
1	Septiembre	1.952	4,1	51	Noviembre	1.966	42,7				
2	Octubre	1.952	7,5	52	Diciembre	1.966	43,0				
3	Noviembre	1.952	33,4	53	Enero	1.967	2,6				
4	Diciembre	1.952	7,0	54	Febrero	1.967	21,4				
5	Enero	1.953	38,3	55	Marzo	1.967	10,8				
6	Febrero	1.953	24,5	56	Abril	1.967	18,5				
7	Marzo	1.953	17,3	57	Mayo	1.967	28,1				
8	Abril	1.953	5,0	58	Junio	1.967	0,0				
9	Mayo	1.953	0,0	59	Julio	1.967	0,0				
10	Junio	1.953	0,0	60	Agosto	1.967	0,0				
11	Julio	1.953	1,0	61	Septiembre	1.967	15,3				
12	Agosto	1.953	0,0	62	Octubre	1.967	12,1				
13	Septiembre	1.962	9,2	63	Noviembre	1.967	83,1				
14	Octubre	1.962	19,6	64	Diciembre	1.967	21,4				
15	Noviembre	1.962	56,0	65	Enero	1.968	4,0				
16	Diciembre	1.962	44,0	66	Febrero	1.968	20,8				
17	Enero	1.963	13,0	67	Marzo	1.968	17,3				
18	Febrero	1.963	0,0	68	Abril	1.968	13,3				
19	Marzo	1.963	0,0	69	Mayo	1.968	4,4				
20	Abril	1.963	0,0	70	Junio	1.968	0,0				
21	Mayo	1.963	0,0	71	Julio	1.968	0,0				
22	Junio	1.963	0,0	72	Agosto	1.968	0,0				
23	Julio	1.963	0,0	73	Septiembre	1.968	0,0				
24	Agosto	1.963	0,0	74	Octubre	1.968	0,0				
25	Septiembre	1.964	0,0	75	Noviembre	1.968	60,1				
26	Octubre	1.964	0,0	76	Diciembre	1.968	21,9				
27	Noviembre	1.964	8,0	77	Enero	1.969	12,5				
28	Diciembre	1.964	55,5	78	Febrero	1.969	6,8				
29	Enero	1.965	18,8	79	Marzo	1.969	32,3				
30	Febrero	1.965	5,1	80	Abril	1.969	16,0				
31	Marzo	1.965	0,0	81	Mayo	1.969	13,5				
32	Abril	1.965	0,0	82	Junio	1.969	9,5				
33	Mayo	1.965	0,0	83	Julio	1.969	0,0				
34	Junio	1.965	0,0	84	Agosto	1.969	0,0				
35	Julio	1.965	0,0	85	Septiembre	1.969	8,0				
36	Agosto	1.965	0,0	86	Octubre	1.969	20,7				
37	Septiembre	1.965	0,0	87	Noviembre	1.969	53,0				
38	Octubre	1.965	43,3	88	Diciembre	1.969	34,6				
39	Noviembre	1.965	72,9	89	Enero	1.970	14,1				
40	Diciembre	1.965	12,6	90	Febrero	1.970	25,4				
41	Enero	1.966	0,0	91	Marzo	1.970	43,0				
42	Febrero	1.966	0,0	92	Abril	1.970	1,8				
43	Marzo	1.966	8,0	93	Mayo	1.970	0,0				
44	Abril	1.966	0,0	94	Junio	1.970	13,0				
45	Mayo	1.966	3,7	95	Julio	1.970	0,0				
46	Junio	1.966	0,0	96	Agosto	1.970	0,0				
47	Julio	1.966	0,0	97	Septiembre	1.970	0,0				
48	Agosto	1.966	0,0	98	Octubre	1.970	12,3				
49	Septiembre	1.966	0,0	99	Noviembre	1.970	25,8				
50	Octubre	1.966	10,4	100	Diciembre	1.970	38,2				

ISLA DE GRAN CANARIA				Estación 183				Capón			
X= 458.460				Y= 3.102.690				Z= 97			
PRECIPITACIONES MENSUALES											
Nº ORDEN	MES	AÑO	PRECIPITACIÓN (mm)	Nº ORDEN	MES	AÑO	PRECIPITACIÓN (mm)				
101	Enero	1.971	14,9	151	Marzo	1.975	3,0				
102	Febrero	1.971	111,4	152	Abril	1.975	14,2				
103	Marzo	1.971	20,2	153	Mayo	1.975	1,6				
104	Abril	1.971	10,0	154	Junio	1.975	0,0				
105	Mayo	1.971	12,1	155	Julio	1.975	0,0				
106	Junio	1.971	0,0	156	Agosto	1.975	0,0				
107	Julio	1.971	6,5	157	Septiembre	1.975	22,5				
108	Agosto	1.971	1,5	158	Octubre	1.975	9,8				
109	Septiembre	1.971	7,5	159	Noviembre	1.975	14,4				
110	Octubre	1.971	0,0	160	Diciembre	1.975	56,3				
111	Noviembre	1.971	143,2	161	Enero	1.976	22,6				
112	Diciembre	1.971	17,0	162	Febrero	1.976	20,7				
113	Enero	1.972	4,2	163	Marzo	1.976	24,5				
114	Febrero	1.972	24,8	164	Abril	1.976	11,9				
115	Marzo	1.972	25,7	165	Mayo	1.976	30,1				
116	Abril	1.972	13,2	166	Junio	1.976	0,0				
117	Mayo	1.972	2,8	167	Julio	1.976	0,0				
118	Junio	1.972	0,5	168	Agosto	1.976	1,3				
119	Julio	1.972	0,0	169	Septiembre	1.976	14,0				
120	Agosto	1.972	0,0	170	Octubre	1.976	93,6				
121	Septiembre	1.972	1,5	171	Noviembre	1.976	12,3				
122	Octubre	1.972	2,5	172	Diciembre	1.976	48,8				
123	Noviembre	1.972	8,7	173	Enero	1.977	15,1				
124	Diciembre	1.972	110,1	174	Febrero	1.977	14,1				
125	Enero	1.973	5,8	175	Marzo	1.977	5,2				
126	Febrero	1.973	45,5	176	Abril	1.977	61,5				
127	Marzo	1.973	10,1	177	Mayo	1.977	2,6				
128	Abril	1.973	35,2	178	Junio	1.977	0,6				
129	Mayo	1.973	0,0	179	Julio	1.977	0,0				
130	Junio	1.973	0,0	180	Agosto	1.977	3,5				
131	Julio	1.973	0,0	181	Septiembre	1.977	2,5				
132	Agosto	1.973	0,0	182	Octubre	1.977	18,5				
133	Septiembre	1.973	2,2	183	Noviembre	1.977	4,0				
134	Octubre	1.973	13,0	184	Diciembre	1.977	103,6				
135	Noviembre	1.973	9,5	185	Enero	1.978	96,7				
136	Diciembre	1.973	36,4	186	Febrero	1.978	23,7				
137	Enero	1.974	2,0	187	Marzo	1.978	9,2				
138	Febrero	1.974	19,8	188	Abril	1.978	6,2				
139	Marzo	1.974	30,2	189	Mayo	1.978	0,0				
140	Abril	1.974	46,9	190	Junio	1.978	3,0				
141	Mayo	1.974	2,7	191	Julio	1.978	0,0				
142	Junio	1.974	1,0	192	Agosto	1.978	0,0				
143	Julio	1.974	0,0	193	Septiembre	1.978	2,0				
144	Agosto	1.974	0,0	194	Octubre	1.978	29,0				
145	Septiembre	1.974	1,5	195	Noviembre	1.978	18,2				
146	Octubre	1.974	12,1	196	Diciembre	1.978	12,1				
147	Noviembre	1.974	7,7	197	Enero	1.979	138,7				
148	Diciembre	1.974	1,0	198	Febrero	1.979	0,2				
149	Enero	1.975	2,6	199	Marzo	1.979	44,2				
150	Febrero	1.975	6,6	200	Abril	1.979	2,0				

ISLA DE GRAN CANARIA				Estación 183				Capón			
X= 458.460				Y= 3.102.690				Z= 97			
PRECIPITACIONES MENSUALES											
Nº ORDEN	MES	AÑO	PRECIPITACIÓN (mm)	Nº ORDEN	MES	AÑO	PRECIPITACIÓN (mm)				
201	Mayo	1.979	0,0	251	Julio	1.983	0,0				
202	Junio	1.979	0,0	252	Agosto	1.983	0,0				
203	Julio	1.979	0,0	253	Septiembre	1.983	2,0				
204	Agosto	1.979	0,0	254	Octubre	1.983	0,0				
205	Septiembre	1.979	2,5	255	Noviembre	1.983	24,2				
206	Octubre	1.979	72,5	256	Diciembre	1.983	22,2				
207	Noviembre	1.979	6,1	257	Enero	1.984	46,9				
208	Diciembre	1.979	16,5	258	Febrero	1.984	12,2				
209	Enero	1.980	24,8	259	Marzo	1.984	11,1				
210	Febrero	1.980	35,5	260	Abril	1.984	0,0				
211	Marzo	1.980	16,8	261	Mayo	1.984	5,0				
212	Abril	1.980	9,0	262	Junio	1.984	1,0				
213	Mayo	1.980	9,2	263	Julio	1.984	0,0				
214	Junio	1.980	4,0	264	Agosto	1.984	0,2				
215	Julio	1.980	0,0	265	Septiembre	1.984	58,2				
216	Agosto	1.980	0,0	266	Octubre	1.984	5,0				
217	Septiembre	1.980	41,6	267	Noviembre	1.984	42,0				
218	Octubre	1.980	11,3	268	Diciembre	1.984	54,3				
219	Noviembre	1.980	29,3	269	Enero	1.985	30,1				
220	Diciembre	1.981	10,6	270	Febrero	1.985	14,3				
221	Enero	1.981	9,9	271	Marzo	1.985	0,3				
222	Febrero	1.981	69,3	272	Abril	1.985	17,4				
223	Marzo	1.981	7,2	273	Mayo	1.985	3,1				
224	Abril	1.981	9,1	274	Junio	1.985	0,0				
225	Mayo	1.981	3,9	275	Julio	1.985	0,0				
226	Junio	1.981	0,0	276	Agosto	1.985	0,0				
227	Julio	1.981	0,0	277	Septiembre	1.985	0,0				
228	Agosto	1.981	0,0	278	Octubre	1.985	0,0				
229	Septiembre	1.981	10,2	279	Noviembre	1.985	10,8				
230	Octubre	1.981	12,9	280	Diciembre	1.985	23,9				
231	Noviembre	1.981	8,5	281	Enero	1.986	35,2				
232	Diciembre	1.981	0,2	282	Febrero	1.986	49,1				
233	Enero	1.982	32,2	283	Marzo	1.986	17,3				
234	Febrero	1.982	13,1	284	Abril	1.986	20,0				
235	Marzo	1.982	28,7	285	Mayo	1.986	0,0				
236	Abril	1.982	50,0	286	Junio	1.986	2,3				
237	Mayo	1.982	8,7	287	Julio	1.986	1,3				
238	Junio	1.982	0,0	288	Agosto	1.986	0,0				
239	Julio	1.982	0,0	289	Septiembre	1.986	7,5				
240	Agosto	1.982	0,0	290	Octubre	1.986	0,0				
241	Septiembre	1.982	4,1	291	Noviembre	1.986	15,0				
242	Octubre	1.982	9,2	292	Diciembre	1.986	2,0				
243	Noviembre	1.982	7,6	293	Enero	1.987	7,9				
244	Diciembre	1.982	7,8	294	Febrero	1.987	0,0				
245	Enero	1.983	0,0	295	Marzo	1.987	25,1				
246	Febrero	1.983	28,5	296	Abril	1.987	0,0				
247	Marzo	1.983	0,0	297	Mayo	1.987	0,0				
248	Abril	1.983	9,7	298	Junio	1.987	0,0				
249	Mayo	1.983	0,0	299	Julio	1.987	0,0				
250	Junio	1.983	0,0	300	Agosto	1.987	0,0				

ISLA DE GRAN CANARIA				Estación 183				Capón			
X= 458.460				Y= 3.102.690				Z= 97			
PRECIPITACIONES MENSUALES											
Nº ORDEN	MES	AÑO	PRECIPITACIÓN (mm)	Nº ORDEN	MES	AÑO	PRECIPITACIÓN (mm)				
301	Septiembre	1.987	2,7								
302	Octubre	1.987	51,8								
303	Noviembre	1.987	3,3								
304	Diciembre	1.987	26,7								
305	Enero	1.988	76,4								
306	Febrero	1.988	137,6								
307	Marzo	1.988	29,3								
308	Abril	1.988	0,0								
309	Mayo	1.988	0,0								
310	Junio	1.988	3,6								
311	Julio	1.988	0,0								
312	Agosto	1.988	0,0								
313	Septiembre	1.988	3,3								
314	Octubre	1.988	15,0								
315	Noviembre	1.988	6,1								
316	Diciembre	1.988	0,0								
317	Enero	1.989	6,5								
318	Febrero	1.989	203,2								
319	Marzo	1.989	10,0								
320	Abril	1.989	0,0								
321	Mayo	1.989	5,1								
322	Junio	1.989	0,0								
323	Julio	1.989	0,0								
324	Agosto	1.989	1,0								
325	Septiembre	1.989	0,0								
326	Octubre	1.989	18,0								
327	Noviembre	1.989	97,6								
328	Diciembre	1.989	32,4								
329	Enero	1.990	18,2								
330	Febrero	1.990	0,0								
331	Marzo	1.990	15,9								
332	Abril	1.990	22,7								
333	Mayo	1.990	2,0								
334	Junio	1.990	1,0								
335	Julio	1.990	0,0								
336	Agosto	1.990	0,0								

TABLA 2. PRECIPITACIÓN MÁXIMA MEDIA MENSUAL.

ISLA DE GRAN CANARIA		
	Estación 183	Capón
X= 458.460	Y= 3.102.690	Z= 97
PRECIPITACIÓN MÁXIMA MEDIA MENSUAL		
Nº ORDEN	MES	PRECIPITACIÓN (mm)
1	Enero	24,8
2	Febrero	33,3
3	Marzo	16,5
4	Abril	14,1
5	Mayo	5,0
6	Junio	1,4
7	Julio	0,3
8	Agosto	0,3
9	Septiembre	7,9
10	Octubre	17,9
11	Noviembre	32,3
12	Diciembre	30,7

ANEXO 4.- DEFINICIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO.

Diseño sistema tub.

Proyecto: Lixiviados Salto del Negro - Caso1

Individual 1

				Nº de	
Longitud	4,0	m	Conex. descarga	1,00	1
Material	PVC		Codo a 90°	0,80	1
Tipo de presión	PN10		Válvula	0,40	1
Dimensión	63	mm	Pieza pantalón	1,00	1
Rugosidad	0,100	mm	Valv. retención	1,00	1
Diam. interior	57,0	mm	Salida	1,00	0
			Propio	0,00	0
		Total:		4,20	
Velocidad agua:	0,5	m /s	Pérdida en sección de tubería:		0,1 m

Común 1

				Nº de	
Longitud	550,0	m	Conex. descarga	1,00	0
Material	Polietileno		Codo a 90°	0,80	5
Tipo de presión	PN10		Válvula	0,40	0
Dimensión	90	mm	Pieza pantalón	1,00	0
Rugosidad	0,100	mm	Valv. retención	1,00	0
Diam. interior	73,6	mm	Salida	1,00	1
			Propio	0,00	0
		Total:		5,00	
Velocidad agua:	0,3	m /s	Pérdida en sección de tubería:		1,2 m

Individual 1

Común 1



Caudal total:	1,4	l/s	Nº de	Pérdidas carga:	Altura total:
Altura geométrica:	50,0	m	1	1,3 m	51,3 m

Colebrook-White

Punto de trabajo - Condiciones de trabajo

