

ANEXO IV: INGENIERÍA DEL PROCESO

ÍNDICE:

1. Ingeniería del proceso.....	1-12
1.1. Movimiento de tierras.....	3
1.2. Cierre perimetral.....	3-5
1.3. Instalación de la placa de energía solar.....	5
1.4. Preparación del sistema acuapónico.....	6-13

1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS:

Como añadimos en uno de los anexos anteriores, la parcela tiene un desnivel del 10% entre uno de los puntos limítrofes y el contrario. Para comprobar la veracidad de esta pendiente, y de que sea constante entre todos los puntos limítrofes del perímetro que cerraremos, usaremos un nivel láser.

Colocando el nivel en un punto central del perímetro que queremos nivelar y cerrar, tomamos 2 puntos, uno en el límite superior (llamémosle A) y otro en el inferior (llamémosle B). Tomando ambos datos, concluimos que la diferencia entre el punto A y el punto B es de 1,7 metros. Repetimos esta acción con las esquinas superiores e inferiores del perímetro, y concluimos definitivamente que la pendiente entre la parte superior e inferior es de 10% y la diferencia de altura entre ambas partes sigue siendo de 1,7 metros.

Con estos datos, y teniendo en cuenta el perímetro de 13 x 13 metros, el cual pasaremos a 17 x 17 metros para poder podar con seguridad y facilidad el seto, podremos calcular los metros cúbicos de tierra que precisaremos para nivelar esta parte de la parcela.

Al tener que rellenar un prisma triangular, la fórmula a usar para saber los metros cúbicos a rellenar será:

$$17 \times 17 \times 1,7 : 2 = 245,65 \text{ m}^3$$

De estos 245,65 m³, 216,75 m³ serán de material de relleno, y los otros 28,9 m³ (pertenecientes a la capa superior) serán de tierra vegetal de alta calidad.

Todas las operaciones de relleno y compactación se harán con medios mecánicos.

1.2 CIERRE PERIMETRAL:

Alrededor de la construcción, se instalará un cierre perimetral para proteger el sistema acuapónico, entre otras cosas, del vandalismo, el ataque de animales y el viento. El cierre planteado será una combinación de malla metálica y cierre vegetal arbustivo.

El cierre consistirá en una malla de simple torsión interior para aportar mayor protección para el sistema acuapónico, rodeado de *Photinia x fraseri* 'Red Robin'.

1.2.1 Malla de simple torsión:

La pequeña parcela a cerrar tendrá 169 metros cuadrados (13 metros x 13 metros). Para ello necesitaremos 19 postes universales con tensores de 1,75 metros de altura, malla metálica de 1,75 metros de altura, 22 tornapuntas, alambre galvanizado, cemento, arena y grava.

El primer paso será el replanteo. Para ello clavaremos primero las 4 estacas de las esquinas y las uniremos con cordel. Después colocaremos las estacas restantes cada 2,5 o 3 metros, según como coincidan.

Una vez señalado todo, procederemos a realizar los agujeros en los que irán colocadas las estacas, que tendrán unas medidas de 30x30x30 centímetros.

Cuando todos los agujeros estén hechos, empezaremos a preparar el hormigón con el que los rellenaremos; este hormigón se hará con una parte de cemento, tres de arena, tres de grava y agua. Con el hormigón hecho, comenzaremos a rellenar uno por uno los huecos de las esquinas y colocaremos los postes, midiendo con un nivel, que queden totalmente rectos y a la misma altura. Una vez colocados los de las esquinas, iremos colocando los restantes de la misma forma.

Después de haber colocado los postes, colocaremos los tornapuntas (2 en cada poste esquinero, 2 en cada poste de refuerzo cada 3 metros, cada 5 metros o cada 7,5 metros según como coincidan, y 1 en los extremos de la puerta); y una vez sepamos donde será su lugar definitivo, cavaremos sus respectivos agujeros, los rellenaremos de hormigón y colocaremos los tornapuntas.

Cuando todos los postes y tornapuntas se han colocado, se procede a poner tensores en todos los postes de las esquinas; en este caso pondremos 4, uno en cada extremo del poste, y dos en el centro, para proporcionar mayor fijación y tensión (hay que colocar el tornillo para la pletina, y también el del tensor).

Empezaremos a colocar la malla en la zona donde colocaremos la puerta, en este caso será en la pared situada hacia el norte, a 7,5 metros de uno de los postes. La fijaremos al poste con todas las pletinas correspondientes; y una vez echo esto, nos dirigiremos a una de las esquinas, tensaremos todo lo posible, y la fijaremos a sus pletinas (repetimos este paso hasta completar todo el perímetro, excepto el hueco correspondiente a la puerta).

Por último, debemos colocar el cable tensor. Cortaremos pedazos de alambre de unos 15,5 metros. Uno de los extremos del cable se meterá por el tensor, con unos alicates lo cerraremos, y le daremos unas vueltas. Después

tejeremos el alambre por una línea de rombos, entrelazándolo cada 2 rombos hasta llegar al tensor del poste final de esa línea, lo metemos por el tensor, lo cerramos y le damos unas vueltas. Este paso lo repetiremos con todos los tensores de los 4 postes esquineros. Para proporcionar una mayor fijación, reforzaremos los cables cada cierta distancia, según los puntos que veamos más vulnerables, con alambre galvanizado, enrollándolo con un alicate.

1.2.2 Cierre vegetal:

Exterior a la valla, colocaremos un cierre vegetal de *Photinia x fraseri* 'Red Robin', además de para aportar mayor protección, como cierre decorativo para esconder el sistema, ya que aunque la parcela actualmente seguirá siendo usada para el pasto de caballos, en un futuro los propietarios piensan construir una casa.

Para el cierre perimetral, cavaremos separados de la valla unos 30 centímetros los agujeros para las *Photinias*. Entre planta hemos escogido un marco de plantación de 0,60 metros, ya que de esta forma conseguiremos un seto muy tupido con una correcta formación de las plantas. Para completar todo el cierre, nos harán falta 87 *Photinias*.

1.3 INSTALACIÓN DE LA PLACA DE ENERGÍA SOLAR:

Para este paso subcontrataremos su instalación a una empresa de mano a la que recurrimos habitualmente en la instalación de dichas placas. Pondremos un kit solar en la esquina inferior izquierda de una potencia de 80 W y 12 V, que además de abastecer al sistema con sobrante, también servirá puntualmente para otras utilidades como poder enchufar una pequeña plancha para el cocinado del pescado, o una nevera para su conservación.

1.4 PREPARACIÓN DEL SISTEMA ACUAPÓNICO:

1.4.1 Preparación del tanque de peces:

Para el estanque de peces usaremos 1 tanque de agua IBC.

Empezaremos retirando los cuatro tornillos que fijan la parte superior de las barras de acero que sostienen el recipiente de plástico en su lugar. Quitaremos los tornillos con un destornillador de estrella o una llave de cabeza de estrella. Una vez retiradas las barras superiores, sacaremos el tanque de plástico interno.

Una vez sacado el tanque, marcaremos una línea a 5 centímetros del borde superior de este en todo su alrededor. Con una amoladora angular, cortaremos a lo largo de esta línea, retirando la pieza cortada de la parte superior (es importante limar bien los bordes para que no quede ningún elemento cortante que pueda dañar a los usuarios a la hora de manipular a los peces). Una vez retirada la pieza, lavaremos bien el interior del tanque con jabón y agua tibia para eliminar cualquier resto de suciedad y lo dejaremos secar durante 24 horas.

1.4.2. Instalación del tubo de salida del tanque de peces:

En un lado del tanque IBC, marcaremos un punto a 12 centímetros de la parte superior y a 12 centímetros de un lateral del tanque. Después de realizar la marca, cogeremos una broca circular de 57 milímetros y haremos un orificio. En el orificio colocaremos una arandela de goma de 50 milímetros de la marca Uniseal (garantizados durante 25 años, inmunes al frío, manteniendo una correcta presión y vacío).

El tubo por el que saldrá el agua del tanque de peces está constituido por 2 tubos de PVC de 50 milímetros unidos por un codo de PVC de 50 milímetros. En el trozo de PVC que se encuentra en la parte inferior del tanque se realizarán unas ranuras horizontales de unos 2-3 milímetros de ancho con una

amoladora angular, con el fin de permitir que los residuos sólidos entren en la tubería sin que los peces lo hagan. Se debe cerrar con un tapón de PVC el extremo que se encuentra en el interior del tanque.

Primero se inserta la tubería más pequeña de PVC por el Uniseal, se acopla el codo en el extremo interior y luego se conecta a la segunda sección de tubería de PVC. Es imprescindible hacer con un taladro un pequeño orificio de unos 2-3 centímetros de diámetro en el codo, ya que este hace la función de evitar que se forme un sello de aire dentro de la tubería, lo que provocaría que se drenara toda el agua del tanque de peces en el caso de que se cortara la electricidad o la bomba se estropeará o dejara de funcionar.

1.4.3 Preparación del separador mecánico y el biofiltro:

En este paso, usaremos dos barriles azules de 200 litros por sistema. Recortamos en la parte superior de los barriles un rectángulo dejando unos 8-9 centímetros en los laterales. Seguido a este paso, como se hizo con el tanque de peces, lavaremos los barriles con agua tibia y jamón y los dejaremos secar al sol durante 24 horas.

1.4.3.1 Tubo de entrada de la pecera: Taladramos con una broca circular de 50 milímetros en uno de los laterales que dejamos en el primer paso en la parte superior del barril. Por ese orificio deslizaremos el tubo de salida del tanque de peces que instalamos anteriormente. Extendemos el tubo de salida del tanque de peces 30 centímetros por encima del fondo del contenedor del separador mecánico. En la parte inferior de la tubería de salida se coloca otro codo de PVC de 50 milímetros para que el agua fluya con tangencia hacia el recipiente y circule correctamente.

1.4.3.2 Tubería de drenaje en la parte inferior del separador mecánico: Se coge un tubo de PVC nuevamente de 50 milímetros, y se realizan en él cortes horizontales de 2-3 milímetros a lo largo de toda la tubería utilizando la amoladora angular.

Se taladra un orificio con la broca circular de 57 milímetros en el exterior del barril, 5 centímetros por encima de la parte inferior; seguidamente se coloca un Uniseal, y se mete por el la tubería con los cortes, colocando un codo de PVC al extremo exterior del tubo fuera del barril. Finalmente se fija otra tubería por encima del nivel máximo de agua del barril (tubería de PVC de 50 milímetros) de unos 60-70 centímetros unidos al codo, asegurándose, como ya

mencionamos antes, de que esta esté por encima del nivel máximo de agua del barril. Las ranuras en el tubo de drenaje permiten que los residuos sólidos se eliminen al reclinarse el otro tubo vertical conectado fuera del barril, y verter el agua desde su extremo.

1.4.3.3 Tubo de transferencia que conecta el separador mecánico al biofiltro: Se toma una tubería de PVC de 50 milímetros de longitud y 50 milímetros de diámetro y se cortan las mismas ranuras horizontales que en la anterior solamente en los primeros 25 milímetros de la tubería usando la amoladora angular.

Se sella el extremo con cortes con un tapón de PVC de 50 milímetros. Seguidamente se taladra un orificio de 57 milímetros con la broca circular a 70 centímetros de la parte inferior del barril y se inserta un Uniseal dentro del orificio para asegurarlo. Se inserta el tubo, asegurándose de que el extremo con cortes de 25 centímetros esté completamente dentro del barril del separador mecánico.

1.4.4 Biofiltro:

Se hace un orificio de 25 milímetros de diámetro con un taladro en la parte inferior del barril del biofiltro, se inserta un conector de barril (tipo V de 25 milímetros) en el orificio y se ajusta correctamente. En él se conecta un grifo de 25 milímetros (en la parte exterior del barril), asegurándose de que el conector esté bien envuelto en teflón para sellarlo herméticamente. La función del grifo es desalojar todos los residuos sólidos acumulados en el fondo del biofiltro.

Para colocar el tubo de entrada del separador mecánico taladramos con la broca circular de 57 milímetros un orificio a 70 centímetros de la parte inferior del barril y se coloca un Uniseal para sellarlo y mantener la presión. Se coloca el cilindro del biofiltro pegado al cilindro del separador mecánico.

Se coge el tubo de PVC de 65 centímetros que ya estaba unido al cilindro del separador mecánico y se acopla atravesando el Uniseal en el barril del biofiltro. Con esto se consigue unir ambos barriles mediante este tubo de transferencia.

1.4.4.1 Preparando el cubo de captura de sólidos: Se taladra un agujero de 5 centímetros en el cubo de 20 litros 5 centímetros por debajo del borde superior del cubo, y en el perforamos un mínimo de 20 orificios con 8 milímetros de

diámetro en el fondo de la cubeta con una broca para permitir el drenaje del agua en el biofiltro.

Se inserta el cubo en la tubería de PVC de 65 centímetros que conecta los dos cilindros del filtro. Taladramos un orificio de 2 centímetros en el tubo de transferencia e insertamos de 6 a 10 centímetros de PVC de 20 milímetros para

evitar que la cubeta de captura de sólidos se deslice fuera del tubo de transferencia. Se coloca dentro del cubo grava volcánica para capturar los residuos sólidos o suspendidos que quedaron.

1.4.5 Colocación de los tubos del sistema NFT:

El primer paso es hacer 4 zanjas en el suelo con 5 centímetros de profundidad, 20 centímetros de ancho y 1 metro de largo. La primera se colocará a 25 centímetros de los barriles del biofiltro y de los barriles del separador mecánico. Una vez hecha la primera zanja, haremos la siguiente desde el final de la primera zanja, a 70 centímetros. La tercera zanja se hará desde el final de la segunda zanja, a 70 centímetros. Por último, la cuarta zanja se realizará desde el final de la tercera zanja, a 70 centímetros de esta. La distancia entre los barriles y el final de la última zanja será de 3,15 metros.

El siguiente paso es rellenar las zanjas hasta el borde con hormigón (1 parte de hormigón, 3 partes de arena, 3 partes de grava y agua). Una vez rellenas, colocaremos en las zanjas 2 bloques de hormigón pegados el uno al otro, coincidiendo con los bordes de las zanjas, esto nos permitirá fijar bien la estructura que soporta los tubos del sistema.

Una vez que el hormigón se haya secado lo suficiente para colocar el resto de bloques sin que la estructura se hunda demasiado en la zanja, procederemos a ello. En total, en cada zanja, colocaremos 2 filas con 4 bloques de hormigón cada una. Para fijar correctamente los bloques unos a otros, aplicaremos en las caras que estén unidas una pequeña capa de cemento (cuando las unamos, retiraremos el hormigón que sobresalga con una paleta de albañil).

El tercer paso, una vez pasadas unas 48-72 horas para que el hormigón secase completamente, será colocar unas tablas de madera que proporcionen estabilidad a los tubos, además de proporcionar una pequeña pendiente a estos. La primera tabla a colocar tendrá un espesor de 4 centímetros, un largo de 1 metro y un ancho de 20 centímetros, coincidiendo con los bordes de los bloques. Esta primera tabla se colocará en la fila de bloques más alejada del tanque, es decir, la última, y se fijará a los bloques con adhesivo de montaje.

La segunda tabla tendrá 3 centímetros de espesor, un largo de 1 metro y un ancho de 20 centímetros, coincidiendo nuevamente con los bloques. Se colocará en la penúltima fila de bloques, de nuevo uniéndola con adhesivo de montaje. La tercera tabla tendrá 2 centímetros de espesor, y el largo y ancho igual a las anteriores. Se fijará a la segunda fila de bloques con adhesivo de montaje. Por último, la cuarta tabla tendrá 1 centímetro de espesor, y una

longitud y ancho igual a las anteriores, colocándose así en la primera fila de bloques con adhesivo de montaje. El fin de colocar estas tablas creando una pequeña pendiente es que el agua de las tuberías fluya fácilmente y regrese al barril del biofiltro.

1.4.6 Conexión de los tubos del sistema NFT y el drenaje común:

En este paso, precisamos tener 5 piezas de 3 metros de tubería de PVC de 110 milímetros de diámetro. Las extenderemos sobre el suelo, y uniremos cada una de estas piezas a 4 conectores en T de PVC de 110 milímetros, excepto uno, el cual colocaremos en un codo de PVC de 110 milímetros. Seguidamente uniremos los conectores con las tuberías ya colocadas, y en el extremo derecho, colocaremos el codo con la tubería restante. Hay que asegurarse de que las gomas selladoras que se encuentran en las uniones en el interior de las tuberías estén bien lubricadas, y esto lo haremos con jabón natural.

1.4.7 Realización de los agujeros para la colocación de las plantas:

Lo primero que tenemos que hacer es colocar las 5 tapas en el extremo de las tuberías de 3 metros (tapas de 110 milímetros de diámetro). Una vez puestas, levantamos el sistema y colocamos las tuberías y sus accesorios ya montados encima de los bloques de hormigón con la tabla de madera. Para realizar las marcas correctamente alineadas, colocaremos un trozo de lana de un extremo a otro de la tubería. Una vez colocada la lana para guiarnos, marcamos los orificios en los que irá la planta cada 25 centímetros (la marca guiada por la lana será el punto central de los orificios).

Con una broca, según el tamaño de planta que queramos colocar (hortalizas de hoja y hortalizas de fruto, siendo las segundas las que más diámetro requerirán), taladraremos los orificios (es recomendable que en los tubos 1, 3 y 5 empecemos a realizar los agujeros a 12,5 centímetros del final de la tubería, mientras que en las tuberías 2 y 4 comenzaremos a 25 centímetros; esto se

hace para aprovechar mejor el espacio e impedir que las plantas entre tuberías crezcan demasiado juntas o se priven de luz unas a otras).

Finalmente taladraremos orificios de 20 milímetros a 7 centímetros de la parte final de las tuberías (junto a los tapones) para permitir que el agua ingrese a las tuberías del sistema NFT, y sellaremos las tuberías a los bloques aplicando una capa generosa de adhesivo de montaje en todas las uniones entre las

tuberías y la tabla de madera colocada sobre estos.

1.4.8 Conexión del final de las tuberías de la cama de cultivo de nuevo al biofiltro:

Cogemos un conector de PVC recto de 110 milímetros y lo unimos al codo de PVC colocado en la cama de cultivo, en la zona más próxima al tanque de peces. Seguido a este paso, se une un reductor de PVC de 110-50 milímetros al conector recto de 110 milímetros, con el fin de conectarlo al biofiltro (esta reducción se hace para posteriormente conectar las tuberías de la cama de cultivo al biofiltro con una tubería de 50 milímetros). Para unirlo al biofiltro, es necesario taladrar un orificio de 50 milímetros en el exterior del biofiltro 10 centímetros por debajo del fondo de los tubos de la cama de cultivo.

Colocaremos un codo de PVC de 50 milímetros en el orificio, y usaremos una tubería de PVC de 50 milímetros para conectar el codo de 50 milímetros al reductor, permitiendo así que el agua fluya correctamente desde las tuberías del sistema NFT hacia el barril del biofiltro.

1.4.9 Instalación de la tubería de distribución para cada tubería del sistema NFT:

Para este paso, primero es conveniente conectar todos los tubos y accesorios, y después acoplarlo a la cama de cultivo.

La primera pieza es una tubería de polietileno de la que hablaremos posteriormente (25 milímetros), unida a un conector hembra de codo de PVC (25 milímetros), seguido de un adaptador de 20 milímetros. Posteriormente,

intercalaremos trozos de tubería de 20 milímetros de PE para completar las distancias entre los tubos de la cama de cultivo, unidos al siguiente sistema, que comenzara con un codo de PVC, seguido de un grifo (de PVC, con sistema “push on”, es decir, se coloca presionándolo), un conector de PVC, el segundo

grifo, el segundo conector de PVC, el tercer grifo, el tercer conector, el cuarto grifo, el cuarto conector, el quinto grifo y otro codo. Todas las piezas tienen el sistema “push on”. Es importante poner teflón en las uniones con rosca para evitar fugas.

Resumen de piezas:

- 5 grifos “push on” de PVC de 20 milímetros.
- 4 conectores de PVC “push on” en T (20 milímetros).
- 2 conectores de codo de PVC “push on” de 20 milímetros.
- Tubería de polietileno de 20 milímetros.
- Tubería de polietileno de 25 milímetros.
- Adaptador de PVC de 20 milímetros.
- Conector hembra de codo de PVC (25 milímetros).
- Cinta de teflón.

1.4.10 Colocación de la bomba sumergible:

La bomba sumergible se coloca en la parte inferior del barril del biofiltro. El agua se bombea desde el fondo del barril del biofiltro hacia dos zonas; a las tuberías de la cama de cultivo y al tanque de peces. El 80-90% del agua fluye hacia el acuario, mientras que el 10-20% fluye hacia las tuberías de las camas de cultivo. Los grifos anteriormente colocados se usan para controlar el flujo de agua en cada ubicación.

1.4.11 Bombeo al tanque de peces:

La bomba sumergible se conecta a un tubo de polietileno de 25 milímetros con un adaptador en T con rosca hembra de PVC de 25 milímetros. El tubo de polietileno que salga del barril del biofiltro debe tener al menos 1 metro de largo. Las dos conexiones libres de la T se usarán para colocar las tuberías que permitirán que el agua fluya hacia el tanque de peces y a las tuberías de la cama de cultivo.

La conexión hacia el tanque de peces se realiza con un tubo de PVC de 25 milímetros en un extremo de la conexión en T; es conveniente que el tubo sea flexible, para eliminar la necesidad de instalar conectores adicionales, lo que se traduciría en una reducción de bombeo de la bomba sumergible. Para controlar el flujo de agua que entrará en el tanque de peces hay que colocar un grifo de 25 milímetros.

Para la conexión a las tuberías de las camas de cultivo, serán precisos 4 metros de tubería de PVC de 25 milímetros. Esta tubería se conectará al otro

extremo de la T, y el otro extremo de tubería, se unirá al distribuidor a través del conector codo hembra de PVC, el cual suministrará agua a cada tubo.

1.4.12 Instalación de la caja eléctrica y la bomba de aire:

La caja eléctrica irá colocada junto a la placa solar que se pondrá en la esquina izquierda del perímetro vallado. La caja deberá colocarse más alta que el nivel del agua y protegida de la luz solar directa. Hay que asegurarse de que todo esté a prueba de agua después de enchufar los tapones de las bombas de aire, una vez comprobado, colocaremos las bombas de aire en el tanque de peces.

1.4.13 Controles finales:

Todo el sistema ya está listo. Pero antes de agregar los peces y las plantas, hay que llenar el tanque de peces, el separador mecánico y el biofiltro con agua y hacer funcionar la bomba, para poder verificar si todo funciona correctamente y si hay fugas en el sistema. En el caso de que haya fugas deberán ser reparadas inmediatamente.

Finalmente, debemos verificar el caudal que fluye por el sistema NFT y por cada tubería. Esto se puede medir fácilmente con un cronómetro y una botella de plástico vacía. Un caudal de 1 a 2 litros por minuto, que sería el ideal para las tuberías del sistema, debería llenar una botella de 1 litro en 1 minuto o medio minuto. Una vez verificado todo, es posible iniciar el proceso usando amoníaco.

1.4.14 Hacer el recipiente de las plantas:

El primer paso sería coger un tubo de 10 centímetros de PVC (con un diámetro según la planta), llenarlo del sustrato elegido, hacer unos pequeños orificios en el fondo (suficientes para que el sistema radicular crezca en la tubería), colocarlo en una copa de red del tamaño adecuado, e insertarlo en los agujeros realizados en las tuberías de la cama de cultivo.

TODOS LOS PASOS ANTERIORMENTE DESCRITOS SE DEBERÁN REALIZAR DOS VECES, YA QUE SE INSTALARÁN DOS SISTEMAS ACUAPÓNICOS DE ESTAS DIMENSIONES.