

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA
GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y
AGROAMBIENTAL



**“ANTEPROYECTO DE UNA INSTALACIÓN
COMERCIAL DE ACUAPONÍA DE PEQUEÑA
ESCALA”**

TRABAJO FIN DE GRADO

07-2018

Autora: Karoline Quaade González

Tutora: Herminia María Puerto Molina



Anteproyecto de una instalación comercial de acuaponía de pequeña escala

Preliminary draft of a small-scale commercial aquaponic system

Anteproyecto de una instalación comercial de acuaponía de pequeña escala en una finca familiar con el objetivo de rentabilizar la finca produciendo una selección de verduras, hortalizas, hierbas aromáticas, “microgreens” y germinados de buena calidad, además de una pequeña producción de peces, para su venta a restaurantes, hoteles y mercados de la zona.

INDICE

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA	5
1.1. OBJETO DEL ANTEPROYECTO.....	6
1.2. NATURALEZA Y EMPLAZAMIENTO DEL ANTEPROYECTO.....	6
1.3. NECESIDADES Y ALCANCE DEL ANTEPROYECTO	7
1.4. NORMATIVA CONTEMPLADA EN LA REDACCIÓN DE ESTE ANTEPROYECTO.....	8
1.5. ALTERNATIVAS Y JUSTIFICACIÓN.....	10
1.6. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	12
1.7. FUNCIONAMIENTO, CAPACIDAD Y MANEJO DE LA INSTALACIÓN	
23	
1.7.1. CAUDALES.....	25
1.7.2. CAPACIDAD Y MANEJO LA PRODUCCIÓN HORTÍCOLA.....	26
1.7.3. CAPACIDAD Y MANEJO DE LA PRODUCCIÓN ACUÍCOLA.....	29
1.7.4. MANEJO DE LA CALIDAD DEL AGUA Y LA NUTRICIÓN VEGETAL	35
1.8. RESUMEN GENERAL DE PRESUPUESTOS	42
1.9. ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO.....	43
1.10. ENCUADRE AMBIENTAL	44
1.11. REFERENCIAS.....	44
ANEJOS A LA MEMORIA	46
ANEJO N°1: DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN.....	47
CAMAS DE CULTIVO Y TANQUES DE CRÍAS	47
TANQUE DE SEDIMENTACIÓN	49
EQUIPO DE DESINFECCIÓN ULTRAVIOLETA	49
BIOFILTRO	49
RESERVORIOS.....	50
ANEJO N°2: DIMENSIONADO DE BOMBAS	52
BOMBA HIDRÁULICA:	52
BOMBA DE AIRE (SOPLADOR):.....	57
ANEJO N°3: CÁLCULO DE CAUDALES Y VOLÚMENES	60
AGUA	60
AIRE.....	61
CÁLCULO DE DOTACIÓN ANUAL DE AGUA DEL POZO.....	63
ANEJO N°4: DIMENSIONADO DE LAS TUBERÍAS DE AGUA	64
ANEJO N°5: DIMENSIONADO DE LAS TUBERÍAS DE AIRE	68
ANEJO N°6: CÁLCULO DEL ALUMBRADO DEL SEMILLERO	72
ANEJO N°7: MATERIALES	73
MATERIALES NECESARIOS PARA LA EJECUCIÓN	73
MATERIALES NECESARIOS PARA LA ACTIVIDAD.....	82
ANEJO N°8: CÁLCULOS ELÉCTRICOS.....	85
ANEJO N°9: JUSTIFICACIÓN URBANÍSTICA	86

ANEJO N°10: COSTE DE ACTIVIDAD	87
ANEJO N°11: ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO	89
INGRESOS MENSUALES Y ANUALES.....	89
ANÁLISIS: TIR, VAN Y FLUJO DE CAJA	90
DOCUMENTO N°2: PLANOS.....	94
LISTA DE PLANOS	95
DOCUMENTO N°3: MEDICIONES Y PRESUPUESTO.....	102
MEDICIONES.....	103
CAPÍTULO N° 1: FONTANERÍA	103
CAPÍTULO N°2: CARPINTERÍA	104
CAPÍTULO N°3: INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	104
CAPÍTULO N°4: INSTALACIÓN DE INVERNADEROS	105
CAPÍTULO N°5: OTROS.....	105
PRESUPUESTOS PARCIALES	106
CAPÍTULO N° 1: FONTANERÍA	106
CAPÍTULO N°2: CARPINTERÍA	108
CAPÍTULO N°3: INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	109
CAPÍTULO N°4: INSTALACIÓN DE INVERNADEROS	110
CAPÍTULO N°5: OTROS.....	111
RESUMEN GENERAL DE PRESUPUESTOS	112

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: DIMENSIONES DE LA ANTIGUA PISTA DE TENIS.....	12
FIGURA 2: DIAGRAMA DE LA INSTALACIÓN	13
FIGURA 3: UBICACIÓN DEL POZO CON RESPECTO A LA INSTALACIÓN	14
FIGURA 4: RELACIÓN DE PESO, EN GRAMOS, Y LONGITUD, EN CENTÍMETROS, DE LA CARPA COMÚN (<i>CYPRINUS CARPIO</i>) (FUENTE: RITTER-ORTIZ ET AL., 1992 ⁴)	33
FIGURA 5: EVOLUCIÓN DEL NITRÓGENO EN EL CICLADO DEL SISTEMA (FUENTE: PATAK, A. 2009 ⁶).....	38
FIGURA 6: PARTES DEL SIFÓN	76

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES DEL AIRE EN LA ROMANA	30
TABLA 2: RESULTADO DE ANÁLISIS DE ACUÍFEROS DE LA ZONA DE LA ROMANA, ALICANTE	37
TABLA 3: ETO MEDIA ANUAL EN LA ROMANA, ALICANTE	63

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA



1.1. OBJETO DEL ANTEPROYECTO

Anteproyecto que incluye el diseño y manejo de una instalación comercial de acuaponía de pequeña escala en una finca familiar con el objetivo de rentabilizar la finca produciendo una selección de verduras, hortalizas, hierbas aromáticas, “microgreens” y germinados de buena calidad, además de una pequeña producción de peces para su venta a restaurantes, hoteles y mercados de la zona.

1.2. NATURALEZA Y EMPLAZAMIENTO DEL ANTEPROYECTO

La instalación se sitúa en una finca en el Término Municipal de La Romana, Alicante. En el Barrio de Los Canicios 18, polígono 28, parcela 19.

La instalación se ubicará en la subparcela “d”

Los detalles de la situación y emplazamiento del anteproyecto se pueden consultar en el plano 1.

La finca está calificada como “Suelo No Urbanizable de Protección Natural”, “Pinada Levante”.

Según las “Normas Subsidiarias de la “Pinada Levante”, descritas en el apartado 1 del Artículo 130: “Estos suelos sólo podrán ser destinados a usos agropecuarios y forestales sin que se permita en ellos la edificación.”

Como se trata de un explotación que se dedica a la producción tanto de animales como hortalizas y además se trata de una instalación no fija, sino provisional, no se considera una edificación, y por lo tanto es compatible con la calificación del terreno.

1.3. NECESIDADES Y ALCANCE DEL ANTEPROYECTO

Se diseñará la instalación de acuaponía, incluyendo los tanques de cría, el sistema de filtrado y las camas de cultivo, además del diseño y dimensionado de la instalación hidráulica y el sistema de aireación.

Se detalla el manejo y el mantenimiento de la instalación para la actividad productiva.

Se describen y enumeran los materiales necesarios para la instalación del sistema y para el desarrollo de la actividad productiva.

La instalación eléctrica, el invernadero y la zona de post-cosecha serán objeto de un proyecto aparte.

El invernadero será necesario para poder controlar las condiciones ambientales de los cultivos, además de protegerlos de las inclemencias del tiempo y posibles plagas. Del invernadero se encargará una empresa especializada.

Para mejor rentabilidad del proyecto también es necesario contar con una unidad de procesado y envasado de verduras de cuarta gama para poder procesar los productos en la propia instalación, además de una cámara frigorífica.

Para mejor rentabilidad y sostenibilidad de la instalación se encarga instalar placas fotovoltaicas y baterías con capacidad para almacenar la energía necesaria para abastecer el sistema durante 48 horas.

1.4. NORMATIVA CONTEMPLADA EN LA REDACCIÓN DE ESTE ANTEPROYECTO

USOS DEL SUELO Y ORDENACIÓN TERRITORIAL URBANA.

- Normas Urbanísticas del Plan General de Ordenación Urbana de La Romana

MEDIDAS MEDIOAMBIENTALES.

- Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Ley 6/2014 de 25 de Julio, de la Generalitat, de Prevención, Calidad y Control de Actividades en la Comunidad Valenciana (2014/7304),

VERTIDOS Y AGUAS RESIDUALES.

- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
- Real Decreto 1315/1992 de 30 de octubre, por el que se modifica parcialmente el Reglamento de dominio público hidráulico.
- Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
- Ley 2/1992, de 26 de marzo, de saneamiento de las aguas residuales de la Comunidad Valenciana.
- NTE-ISS: Saneamiento.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Instrucciones técnicas complementarias:
 - o ITC-BT-07. Redes subterráneas para distribución en baja tensión.
 - o ITC-BT-09. Instalaciones de alumbrado exterior.
 - o ITC-BT-11. Redes de distribución de energía. Acometidas.
 - o ITC-BT-12, 13, 14, 15, 16 y 17. Instalaciones de enlace.
 - o ITC-BT-18. Instalaciones de puesta a tierra.
 - o ITC-BT-19, 20, 21, 22, 23 y 24. Instalaciones interiores o receptoras.

- o ITC-BT-30. Instalaciones en locales de características especiales.
- o ITC-BT-43, 44 y 47. Instalación de receptores.

INSTALACIONES DE SUMINISTRO DE AGUA.

- Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
- Código Técnico de la Edificación: o Documento Básico HS: Salubridad (HS 4: Suministro de agua).

SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

NORMATIVA DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.

- Real Decreto 2484/1967 de 21 de septiembre por el que se aprueba el texto del Código Alimentario Español.
- Real Decreto 191/2011, de 18 de febrero, sobre Registro General Sanitario de Empresas Alimentarias y Alimentos.
- Real Decreto 640/2006, de 26 de mayo, por el que se regulan determinadas condiciones de aplicación de las disposiciones comunitarias en materia de higiene, de la producción y comercialización de los productos alimenticios.
- Real Decreto 108/2010, de 5 de febrero, por el que se modifican diversos reales decretos en materia de agricultura e industrias agrarias, para su adaptación a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso de las actividades de servicios y su ejercicio.
- Real Decreto 866/2008, de 23 de mayo, por el que se aprueba la lista de sustancias permitidas para la fabricación de materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con los alimentos y se regulan determinadas condiciones de ensayo.
- Real Decreto 640/2006, de 26 de mayo, por el que se regulan determinadas condiciones de aplicación de las disposiciones comunitarias en materia de higiene, de la producción y comercialización de los productos alimenticios.

1.5. ALTERNATIVAS Y JUSTIFICACIÓN

A continuación se exponen las alternativas barajadas y los motivos de rechazo:

Se rechaza el cultivo tradicional en suelo, ya que la finca posee suelo poco profundo con la roca madre entre 10-20 cm de la superficie, impidiendo la realización de las labores necesarias para el cultivo de verduras. Por otro lado, la finca alberga una gran cantidad de pinos que, además de estar protegidos, dan sombra al suelo todo el año y sus raíces y la deposición de acículas impiden el cultivo de verduras.

La finca cuenta con una antigua pista de tenis (figura 1) (30 m x 15 m: 450 m²) en buen estado de conservación que está en desuso, por lo que se contempla la posibilidad de realizar un cultivo sin suelo en este espacio. Entre los diferentes sistemas de cultivo sin suelo, comparamos los sistemas hidropónicos y acuapónicos teniendo en cuenta el objetivo que se persigue.

Los cultivos sin suelo son buenas alternativas para esta zona semiárida donde el agua es un bien escaso, ya que utilizan hasta un 95 % menos agua que los cultivos en suelo tradicionales.

Los sistemas hidropónicos sólo permiten el cultivo de un tipo de cultivo en un momento dado, ya que se proporciona una solución nutritiva específica para cada cultivo. Esto no sería rentable para esta situación, ya que no hay demanda por parte de los restaurantes de la zona para tal cantidad de un sólo producto.

Teniendo en cuenta el reducido tamaño de la instalación, es recomendable tener diversidad de productos y por tanto diversidad de ingresos para minimizar el riesgo de pérdidas y rentabilizar así la instalación. Esto nos lleva a aceptar la opción de un cultivo acuapónico, ya que se pueden producir diferentes especies en el mismo sistema; una amplia variedad de cultivos vegetales, además de la cría de especies acuícolas.

La acuaponía es un ejemplo de agro-acuicultura integrada, un sistema de cultivo que integra la acuicultura, cría de peces y la hidroponía, cultivo sin suelo de plantas, en un mismo sistema donde el agua se recircula constantemente entre los tanques acuícolas y las camas de cultivo hidropónicas. Los desechos de los peces alimentan a las plantas y, a su vez, las plantas limpian el agua para los peces.

En este tipo de sistemas el agua sirve un doble propósito: cría de peces y cultivo de plantas, generando así, mas alimentos con menos recursos.

El agua se recircula constantemente y no se desecha en ningún momento, por lo que se evita la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

Otra ventaja del sistema acuapónico es la facilidad de manejo; no requiere la elaboración de soluciones nutritivas exactas, ya que los nutrientes provienen de los excrementos de los peces. De esta manera, respecto a la nutrición vegetal, el insumo más importante es el alimento de los peces, por esta razón la calidad de éste es muy importante.



1.6. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

A continuación se muestra una foto aérea de la pista de tenis donde se proyecta la instalación (figura 1), y un diagrama de los elementos del sistema y las tuberías de agua (figura2).

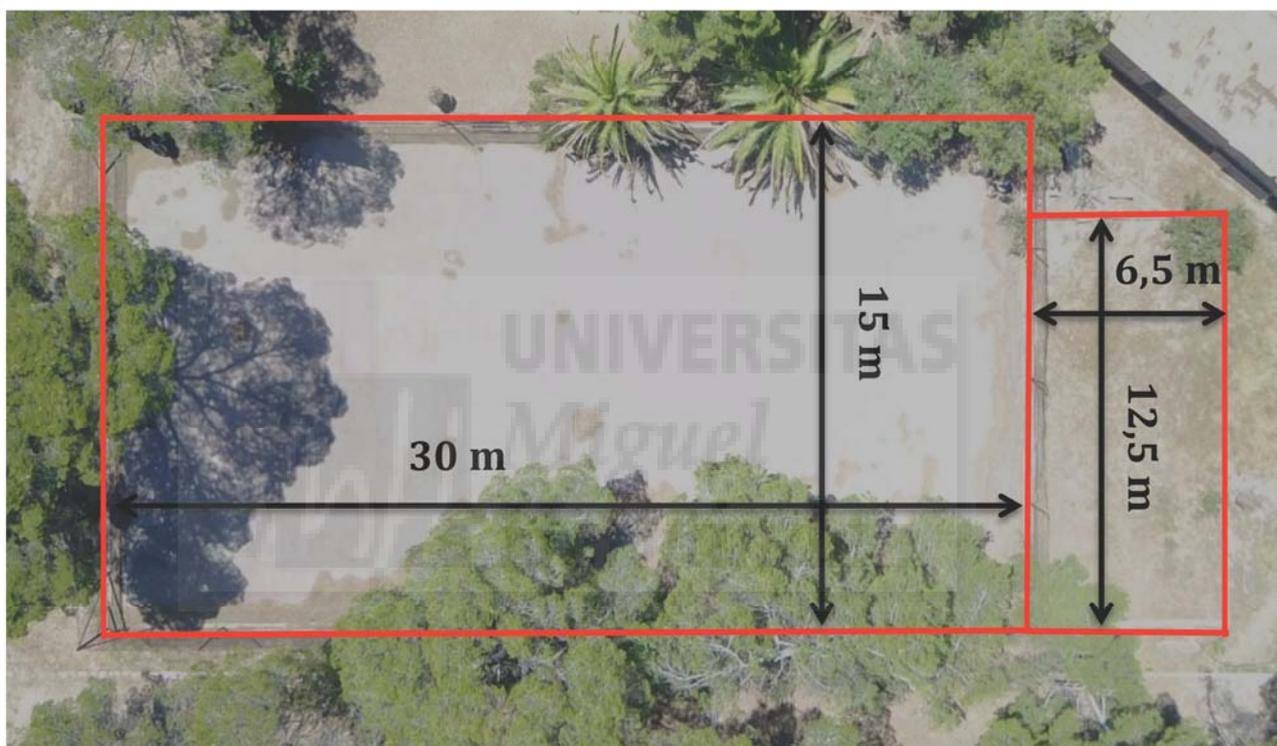


Figura 1: Dimensiones de la antigua pista de tenis

DIAGRAMA DE LA INSTALACIÓN

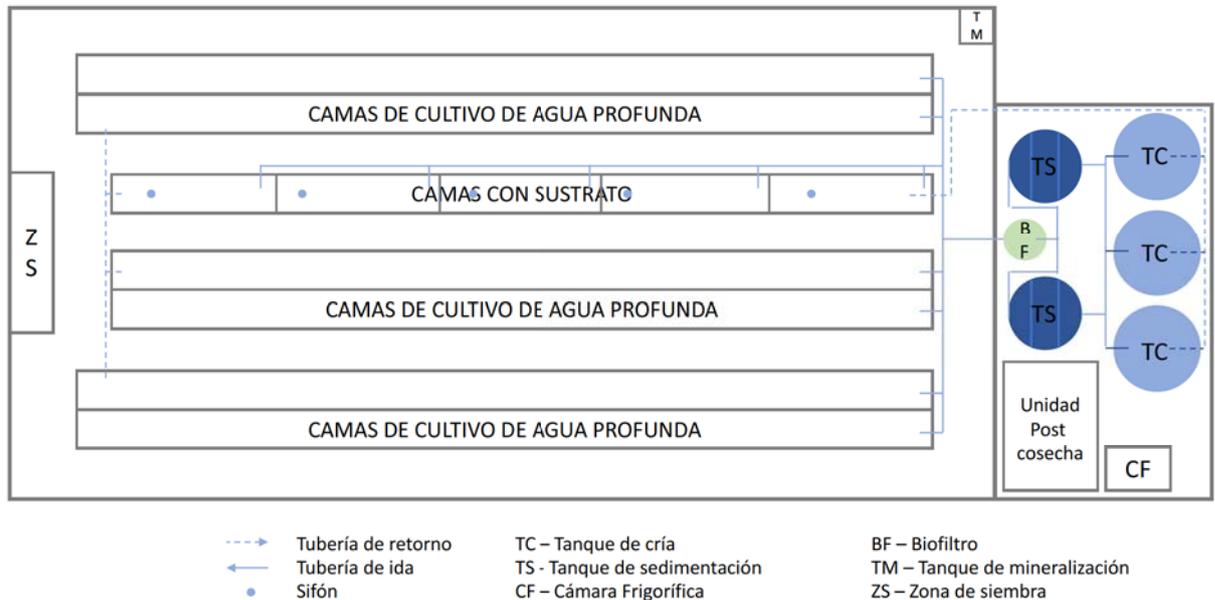


Figura 2: Diagrama de la instalación

Se distinguen tres partes: cría de peces, filtrado del agua y la zona de cultivo.

Como se puede observar en el las figuras 1 y 2 el espacio está dividido en dos partes; un rectángulo de 6,5x12 m (78 m²) donde se encuentran los tanques de cría y los elementos de filtrado; de ahora en adelante se le llamará “zona de cría y filtrado.” En esta zona se encuentra también el cuadro eléctrico y el equipo de oxigenación. Adyacente a este rectángulo se encuentra la pista de tenis, siendo ésta un rectángulo de 30x15 m (450 m²) donde se encuentran las camas de cultivo; de ahora en adelante se le llamará “zona de cultivo.” Entre la zona de cría y filtrado y la zona de cultivo existe una diferencia de cota de 0,3 m, siendo la zona de cría y filtrado la de cota más elevada. Ambos rectángulos están nivelados.

La pista de tenis cuenta con canales de evacuación de agua en todo el perímetro que dirigen el agua al extremo sur de la pista. En caso de que se derrame agua del sistema, ésta se colecta en un tanque de 1000 l.

La instalación se abastece de agua de un pozo situado a 130m de distancia, por medio de tuberías ya existentes, como se puede observar en la figura 3.

Del pozo se extraerán aproximadamente 540 m³ anuales.

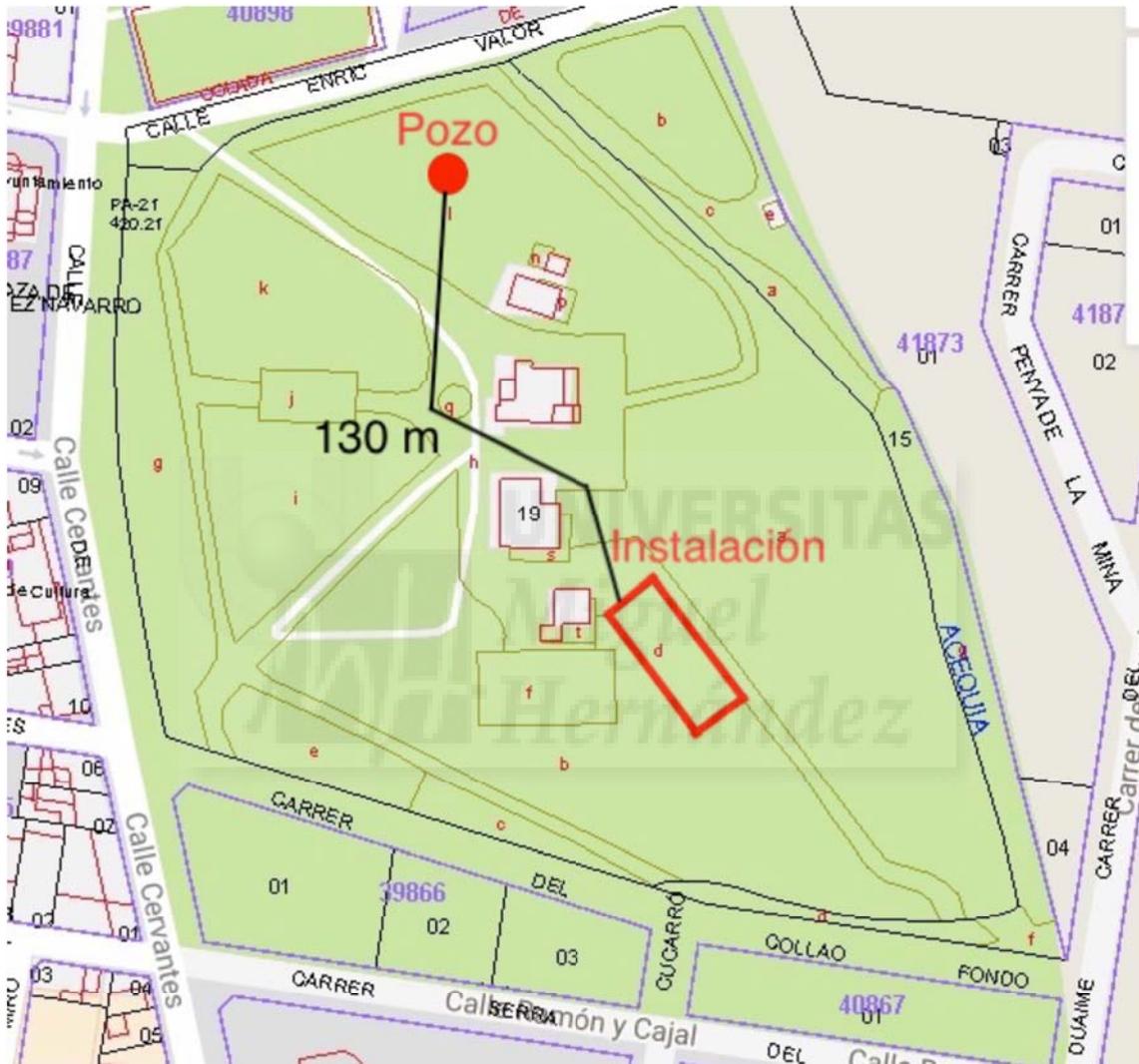


Figura 3: Ubicación del pozo con respecto a la instalación

A continuación se describen los elementos de la instalación:

- Tanques de cría:

La instalación cuenta con tres tanques dedicados a la cría de peces, de 2,5 m de diámetro y 1,2 m de alto, $5,9 \text{ m}^3$ cada uno; un total de $17,7 \text{ m}^3$. Cada uno de estos tanques tienen una entrada de agua procedente de los recipientes de recuperación de agua o reservorios situados bajo las camas de cultivo con sustrato donde se encuentra la bomba. La bomba impulsa el agua constantemente sin interrupción. Las tuberías de entrada de los tanques de cría son de 63 mm de diámetro nominal (DN) de polietileno 50A (PE 50A) y 4 atm de presión nominal (PN) y cada tanque cuenta con una válvula de bola para controlar el caudal de entrada. Además de un orificio con válvula en la parte más próxima al suelo para poder vaciar el tanque cuando sea necesario.

Para una eficiente evacuación de sólidos de los tanques de cría, las tuberías de salida están dispuestas de tal manera que el agua se capta del fondo del tanque. Se trata de un conjunto de tuberías de DN 63 de PE 50A y PN 4 atm, una de 1,3m de largo puesta en vertical con perforaciones de 6 mm en la parte más próxima al fondo, posicionada en el centro del tanque. En la parte superior de la tubería, a 15 cm del borde del tanque, va conectada una tubería horizontal por medio de una unión en forma de “T” que lleva el agua a los tanques de sedimentación. La tubería vertical debe estar abierta a presión atmosférica por la parte superior para evitar un efecto sifón que vaciaría los tanques de cría.

Por otro lado, cada uno de los tanques de cría está provisto de aireación por medio de un tubo de DN 125 mm de PE 50 A de PN 4 atm situado alrededor de la cara interior de la parte superior del tanque (a 1,2 m desde la base) formando un círculo concéntrico. A este tubo van conectados tubos de 9 mm de 1,4 m de largo con difusores de $2,56 \text{ m}^3/\text{h}$ en el extremo. Los difusores van conectados cada 0,5 m del tubo. Cada tanque tiene 15 difusores.

El detalle de los tanques de cría se puede consultar en los planos 5 y 6.

- Tanques de sedimentación:

Dos tanques de sedimentación de fibra de vidrio de 2 m de diámetro y 1,2m de alto con un total de 8,85 m³ aproximadamente. Los tanques van conectados por un lado a los tanques de cría y por el otro al biofiltro, por medio de tuberías de 63 mm de DN de 4 atm de PN de PE 50A. El agua entra por gravedad de manera constante. Tanto la tubería de entrada como la de salida van conectadas por medio de pasamuros a 15 cm del borde del tanque. Estos tanques tienen la función de librar el agua procedente de los tanques de cría de sólidos no aprovechables por las plantas y que además puedan obstruir las tuberías. Para recolectar estos sólidos, la parte inferior de los tanques tiene una forma cónica que, en el punto más bajo, va unida a una tubería de DN 40 mm, de PE50A y PN 4 atm con válvula que lleva los sólidos al tanque de mineralización. Además, cuentan con paneles verticales que interrumpen el flujo horizontal del agua, forzándola a bajar y, por tanto, facilitando la sedimentación de los sólidos.

El detalle de los tanques de sedimentación se pueden consultar en los planos 5, 6 y 7.

- Filtro metabólico o biofiltro:

Es un biofiltro prefabricado con una capacidad de procesar hasta 30 kg de desechos al día, con un caudal entre 6 y 20 m³/h.

Utilizaremos un biofiltro compacto sin presión para agua dulce como el modelo LSB35-2 de PENTAIR o de características similares.

Por un lado le llega el agua por gravedad de manera constante del tanque de sedimentación por medio de una tubería de DN 63 mm de PE 50A y PN 4 atm. Por el otro lado, el agua sale del biofiltro hacia las camas de cultivo por una tubería de DN 63 mm PE 50A y PN 4 atm.

El filtro tiene unas dimensiones de 1,27 m de alto y 1,20 m de diámetro, con un volumen de 1,35 m³.

El filtro biológico recibe aireación por medio de una tubería de DN 140 mm de PE 50A y PN 4.

En la tubería de salida va acoplado un equipo de desinfección ultravioleta con capacidad de desinfectar el agua a un caudal de hasta 20 m³/h para reducir la cantidad de organismos patógenos.

- Camas de cultivo:

La instalación cuenta con cinco camas de cultivo con sustrato de 5 m de largo y seis camas de cultivo de agua profunda, 4 de ellas de 26 m de largo y dos de ellas de 25 m de largo, todas las camas son de 1,2 m de ancho y 0,3 m de profundidad.

Con una superficie total de cultivo de 214,8 m².

Todas las camas están hechas con una estructura de madera con un forro de PVC de calidad alimentaria. Las camas tienen patas dispuestas a una distancia de 0,5 m y de manera que el borde de las camas queda a una altura de 1 m.

Del biofiltro llegan 16,8 m³/h a las camas de cultivo, entre todas las camas, tan sólo requieren un total de 5,4 m³/h, por lo que el caudal restante 11,4 m³/h, va al reservorio más cercano por una tubería de DN 63 mm de PE 50A y PN 4 atm con una válvula de bola en el extremo del reservorio que se ajusta de manera que llegue el caudal necesario a las camas de cultivo.

⇒ Camas de cultivo con sustrato:

Las camas de cultivo con sustrato están rellenas de grava de río (sin caliza) de una media de 2 cm de diámetro hasta una altura de 0,25 m desde la base de la cama.

El agua llega desde el filtro biológico por medio de una tubería de DN 20 mm de PE 50A y PN 4 atm con una válvula de bola situada a la entrada de

cada cama de cultivo para regular el caudal entrante. El agua sale por un sifón campana acoplado a la base de la cama de cultivo con un pasamuros por el que sale el agua y va directa a los recipientes de recuperación de agua o reservorios que se encuentran debajo de las camas con sustrato.

El detalle de las camas de cultivo con sustrato se puede consultar en el plano 5.

El sifón está compuesto por tres tubos dispuestos uno dentro del otro; un tubo de 25 mm y 190 mm de largo enroscado al pasamuros en la base. Otro tubo, la campana del sifón, es de 63 mm y 250 mm de largo con la parte superior cerrada y sellada y la parte inferior perforada con orificios de 12 mm; se sitúa este tubo sobre el anterior. Por último un tubo de 100 mm y 320 mm de largo perforado con orificios de 6 mm en toda su superficie, situado sobre la base de la cama rodeando los dos tubos anteriores; este tubo tiene una tapa con un orificio de 6 mm, que se puede poner y quitar para fácil acceso al sifón.

El detalle de las partes del sifón se puede consultar en la figura 6 en la página 76.

El agua entra en las camas por gravedad de manera constante. La salida del agua ocurre con cada ciclo del sifón.

⇒ Camas de cultivo de agua profunda:

Las camas de agua profunda se disponen en pares, una adyacente a la otra. El agua entra por gravedad de manera constante por el extremo norte de cada cama por una tubería de DN 63 mm, de PE 50A y PN 4 atm. El agua sale por gravedad por el extremo sur y se dirige por medio de tuberías de DN 20 mm, de PE 50A y PN 4 atm a los reservorios.

El cultivo de plantas en estas camas se hace sobre planchas de poliestireno flotantes de 0,6x0,6 m y 70 mm de espesor, perforadas con orificios de 40 mm de diámetro y dispuestas a distancias variables según la necesidad del

cultivo. Los plántulos son introducidos en maceteros de malla de 50 mm de diámetro, que son introducidos en los orificios de la plancha de poliestireno.

Estas camas reciben una aireación de 18,07 m³/h cada una por medio de una tubería de DN 90 de PE50A y PN 4 atm situada entre las camas adyacentes. Esta tubería principal tiene tubos laterales de silicona de 9 mm espaciados 1,2 m que salen hacia cada lado del tubo principal con difusores en los extremos que aportan 0.8 m³/h de aire cada uno a las raíces de las plantas. Un total de 22 difusores por cama.

Debajo de cada par de camas de agua profunda, en el extremo sur, hay un reservorio de 3,5x2,4 m y 0,5 m de profundidad.

El detalle de las camas de cultivo de agua profunda se puede consultar en el plano 5 y 6.

⇒ Camas de semillero:

Las camas de cultivo de agua profunda tienen dos alturas; la superior es la cama de cultivo de agua profunda y la inferior está dedicada al cultivo de plántulos, germinados y “microgreens” a las que llamamos camas de semillero.

Estas camas se componen de tableros de madera con forro de PVC de calidad alimentaria, acoplados a las camas a 0,5 m de altura desde el suelo con una pendiente del 0,1 % descendente hacia el sur.

En la parte inferior de la base de las camas de agua profunda van sujetas líneas de riego de DN 20 mm de PE de alta densidad con nebulizadores de 40 l/h. Cada cama tiene una línea de 23 m de largo con 38 nebulizadores espaciados 0,6 m, las líneas espaciadas 0,6 m entre sí. Por tanto; un total de 6 líneas y 228 nebulizadores. Con una T y un programador con electroválvula se desvía el flujo que va a los tanques de cría, hacia el riego del semillero que se compone por una tubería de DN 50 mm de PE y PN 4

atm que lleva el agua a las líneas porta nebulizadores de DN 20 mm de PE y PN 4 atm.

El agua sobrante sale por el extremo sur de las camas, por orificios de 50 mm perforados en la base de la cama que lleva el agua sobrante de vuelta al reservorio. Estos orificios llevan un filtro de malla para evitar que lleguen impurezas al reservorio.

Sobre la cama se colocan las bandejas de semillero y germinados.

Debajo de las camas de agua profunda también está instalado el alumbrado para el semillero. Se compone de dos filas de tubos fluorescentes T4 de 12 W dispuestas de manera que los tubos queden al tres bolillo. Los tubos se instalarán de manera transversal debajo de las camas las camas.

De esta manera, en cada cama, habrá dos filas con 15 tubos por fila, espaciados 1,5 m entre cada tubo en línea; un total de 180 tubos.

- Recipiente de recuperación de agua (reservorio):

Los reservorios son recipientes de polietileno situados debajo de las camas de cultivo. La instalación cuenta con ocho reservorios. Cuatro de ellos son de 5 m de largo y uno de 4 m de largo, todos ellos de 1,2 m de ancho y 0,5 m de profundidad, uno debajo de cada cama de cultivo con sustrato. El de 4 m se encuentra bajo la cama de cultivo con sustrato del extremo norte, dejando 1 m donde se ubican las bombas. Los tres reservorios restantes son de 2,4 m de ancho, 3,25 m de largo y 0,5 m de profundidad y se encuentran bajo las camas de agua profunda en el extremo sur. Todos los reservorios están conectados por una tubería de DN 63 mm de PE 50A y PN 4 atm de manera que el agua se mantiene al mismo nivel en todos los reservorios.

Los reservorios reciben agua de las camas de cultivo además del caudal restante que viene del biofiltro y el agua es llevada de nuevo a los tanques de cría gracias a las bombas situadas bajo la cama con sustrato situada en el extremo sur de la

zona de cultivo y captan el agua del reservorio más cercano. La tubería de aspiración de las bombas se capta el agua a 10 cm de la base del reservorio.

La instalación cuenta con dos bombas idénticas instaladas en paralelo, una de ellas es la principal y la otra la secundaria que se usará en caso de que la primera deje de funcionar. Las bombas son de 7,5 kW de potencia, con un caudal de 16,8 m³/h y 23,8 m.c.a. de altura manométrica.

El nivel de agua de los reservorios es el indicador del volumen total de la instalación, ya que en el resto de elementos del sistema se mantiene constante el nivel de agua, por ello el nivel de los reservorios es lo que se debe mirar para saber cuando es necesario reponer el agua del sistema que se ha evaporado y traspirado. Para ello se instalan sondas de nivel.

Estas sondas se instalan en el reservorio de donde toma el agua la bomba. La instalación cuenta con tres sondas de nivel con avisador acústico y luminoso.

La primera, a 20 cm de la base, se instala para que avise cuando el agua baja por debajo de este nivel, esto quiere decir que se debe reponer el agua del sistema porque el nivel está muy bajo ya que las bombas captan el agua a 10 cm de la base y no deben aspirar aire.

La segunda, a 30 cm de la base, avisa cuando el agua llega a este nivel indicando que se debe dejar de añadir agua al sistema, ya que si se llena demasiado se podrían desbordar si la bomba deja de funcionar por cualquier motivo.

La tercera, a 40 cm de la base, avisa cuando el agua llega a este nivel indicando que algo va mal; lo más probable sería que la bomba ha dejado de funcionar.

- Tanque de mineralización:

El tanque de mineralización es un recipiente de 1 m³ (1x1x1 m) con una tubería de entrada de DN 40 mm, de PE 50A y PN 4 atm procedente de los tanques de sedimentación, conectada al bidón por medio de un pasamuros a 0,7 m de altura.

La tubería de salida es de DN 40 mm, de PE 50A y PN 4 atm conectada a 0,5 m de altura de la base por medio de un pasamuros que lleva el agua al reservorio una vez finalizado el proceso de mineralización.

Otra tubería de DN 90 mm de PE 50A de PN 4 atm conecta el tanque de mineralización al sistema de aireación por medio de un pasamuros. Esta tubería está perforada con orificios de 6 mm y se conecta al tanque por la parte más próxima a la base.

Todas las tuberías que entran y salen de este tanque tienen una válvula de bola, para abrir y cerrar cuando sea necesario.

El detalle del tanque de mineralización se puede consultar en el plano 7.

- Sistema de aireación:

Se trata de un sistema de tuberías que distribuye aire por la instalación con el objetivo de oxigenar el agua. La instalación cuenta con dos sopladores idénticos instalados en serie de manera que se consigue el doble de presión con el mismo caudal; los sopladores de aire son de 2,2 kW de potencia, con un caudal de 240 m³/h y 30 kPa, conectados en serie generan una presión de 60 kPa y se sitúan junto al cuadro eléctrico situado en la zona de cría y filtrado. Además, la instalación cuenta con un soplador secundario instalado en paralelo a los dos anteriores, de 0,75 kW de potencia, 120 m³/h de caudal y 18 kPa de presión para oxigenar tan sólo el agua de los peces en caso de que los sopladores iniciales fallen.

Los sopladores llevan aire los siguientes elementos del sistema: los tanques de cría, el filtro biológico, las camas de cultivo de agua profunda y al tanque de mineralización.

El conjunto de tuberías que lleva aire los tanques de cría son de DN 125 mm de PE 50 A y PN 4 atm. El conjunto de tuberías que lleva aire hacia las camas de cultivo y el biofiltro son de DN 140 mm de PE 50 A y PN 4 atm. Las tuberías

que llevan el aire a las camas de cultivo y el tanque de mineralización son de DN 90 mm de PE 50 A y PN 4 atm.

El detalle del sistema de aireación se puede observar en el plano 6.

- Zona de siembra:

La zona de siembra está situada en el extremo sur de la zona de cultivo; se trata de una mesa de 5 m de largo y 1,2 m de ancho de dos alturas dedicada a la siembra de plántulas. En esta zona también se almacenan bandejas de siembra, sustrato, herramientas, planchas de cultivo de poliestireno, etc.

1.7. FUNCIONAMIENTO, CAPACIDAD Y MANEJO DE LA INSTALACIÓN

Se ha diseñado el funcionamiento del sistema de manera que el agua permanece a nivel constante en el tanque de cría y empleando un sólo grupo de impulsión. Además, cuenta con un sistema de aireación que oxigena los tanques de cría, el biofiltro, las camas de cultivo de agua profunda y el tanque de mineralización. Cada uno de estos elementos con el caudal adecuado para las funciones que realizan.

El agua circula por gravedad desde los tanques de cría hasta los reservorios, pasando por los tanques de sedimentación, biofiltro, camas de cultivo y acabando en los reservorios. La bomba toma el agua de los reservorios y la impulsa de nuevo a los tanques de cría.

La bomba impulsa un caudal de 16,8 m³/h hacia los tanques de cría que albergan a los peces, este caudal permite que se renueve el agua de los tanques cada 1 hora y 3 minutos. Los peces reciben oxigenación por medio de difusores que aportan 38,43 m³/h de aire a cada tanque.

Los peces dejan el agua cargada de excrementos y restos de comida que, de manera constante, fluye por gravedad a los tanques de sedimentación.

En los tanques de sedimentación, con un caudal de $8,85 \text{ m}^3/\text{h}$, el agua permanece 47 minutos en el tanque. Este tiempo y el diseño del tanque, permiten que los sólidos sedimenten al fondo del tanque, dejando el agua libre de sólidos.

El agua continúa por gravedad hacia el biofiltro con el mismo caudal; $16,8 \text{ m}^3/\text{h}$. El biofiltro tiene unas características óptimas para el desarrollo de las bacterias de nitrificación; *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*¹ entre otras que se encargan de procesar el amoníaco producido por los peces y transformarlo en nitratos. Para ello, el biofiltro recibe una aireación de $11,12 \text{ m}^3/\text{h}$.²

De aquí, el agua continúa con el mismo caudal, $16,8 \text{ m}^3/\text{h}$ por gravedad hacia las camas de cultivo y los reservorios.

En las camas de cultivo las plantas absorben los nutrientes.

Cada una de las camas de cultivo con sustrato requieren un caudal entre 3-9 l/min para garantizar el correcto funcionamiento de los sifones; si el sifón no empieza se debe aumentar el caudal, si el sifón empieza pero no para, se debe reducir el caudal; se deben hacer pequeños ajustes en el caudal de cada cama hasta que los sifones funcionen correctamente.

Cada una de las camas de agua profunda requiere un caudal de 600 l/h. Esto hace un total de $5,4 \text{ m}^3/\text{h}$ aproximadamente; el caudal restante, $11,4 \text{ m}^3/\text{h}$, se dirige a los reservorios. Se debe ajustar la válvula de los reservorios para asegurar que llega suficiente caudal a las camas de cultivo.

De las camas de cultivo el agua fluye por gravedad a los reservorios. En el último reservorio se encuentra el grupo de impulsión que impulsa el agua de vuelta a los tanques de cría donde vuelve a comenzar el ciclo.

Cada cama de cultivo de agua profunda recibe un caudal de aire de $18,07 \text{ m}^3/\text{h}$.

Las camas de semilleros se riegan automáticamente con ayuda de una electroválvula y un programador. Los riegos deben ser de dos minutos cada hora, por lo que se regarán un total de 48 minutos al día, lo que se traduce a 10 litros de agua por bandeja y día. Esto garantiza que las semillas no se sequen y la germinación y desarrollo de las plantas

sea óptima. El agua sobrante volverá a los reservorios y a circular de nuevo por el sistema.

Los germinados requieren para conseguir una buena producción, 12 horas de luz diarias, por lo que se programará el programador para que se encienda el alumbrado a las 8 de la mañana y se apague a las 8 de la tarde.

El alumbrado se hará con tubos fluorescentes T4 de 12 W. Dos filas de 15 tubos por cada cama, los tubos espaciados 1,5 m entre sí.

Cada cierto tiempo hay que extraer los sólidos acumulados en los tanques de sedimentación. Para ello, se abre la válvula de la tubería que une el tanque de sedimentación con el tanque de mineralización y se deja fluir (agua y sólidos) hasta que el agua salga limpia y se cierra la válvula. A continuación, se abre la válvula de la tubería de aireación y se deja que burbujee durante 48 horas. Transcurrido este tiempo, la mayoría de los sólidos se habrán mineralizado dejando el agua cargada de nutrientes solubles. Seguidamente, se debe cerrar la válvula de aireación y dejar reposar durante 24 horas para que los sólidos restantes sedimenten al fondo. Pasadas las 24 horas podremos abrir la válvula de la tubería que une el tanque de mineralización con los reservorios introduciendo así los nutrientes mineralizados en el sistema.

1.7.1. CAUDALES

AGUA

Tanque de cría, tanques de sedimentación y biofiltro: 16,8 m³/h

Camas de cultivo agua profunda: 0,6 m³/h cada una; 3,6 m³/h en total.

Camas de cultivo con sustrato: 0,36 m³/h cada una, 1,8 m³/h en total.

Riego de semillero: 16,8 m³/h

AIRE

Tanque de cría: 38,43 m³/h cada tanque, 115,3 m³/h en total.

Biofiltro: 11,12 m³/h

Tanque de mineralización: 5,21 m³/h

Camas de cultivo de aguas profundas: 18,07 m³/h cada cama, 108,4 m³/h en total

1.7.2. CAPACIDAD Y MANEJO LA PRODUCCIÓN HORTÍCOLA

Para simplificar los cálculos económicos y de capacidad, se hará referencia tan sólo al cultivo de lechuga y germinados, teniendo en cuenta que, en la práctica, con la intención de diversificar la producción, se producirán también otro tipo de verduras de hoja y aromáticas como espinacas, escarolas, acelgas, perejil, cilantro, albahaca etc.

Se maneja la instalación para cosechar tres días a la semana, un día lechugas y dos días germinados, para ello se llevará una banda semanal; cada día de la semana estará dedicado a una tarea en particular, además de las tareas diarias. De esta manera, la instalación es capaz de producir 859 lechugas y 444 kg de “microgreens” y germinados a la semana aproximadamente, variando esto con la época del año.

El ciclo de la lechuga es de unos 45 días, 12-18 días de cultivo de la plántula y 30-40 días en las camas de cultivo, dependiendo de la época del año. Para facilitar los cálculos, se fija que pasan **14 días** desde la siembra al trasplante en las camas de semillero y **30 días** en las camas de cultivo.

El ciclo de los germinados es de **10 días** desde la siembra a la cosecha.

Hay un total de 378 m² de superficie de cultivo; 214,8 m² para cultivo hidropónico y 163,2 m² para cultivo de germinados y plántulas.

Las bandejas para cultivo de germinados y las utilizadas para la siembra de lechugas son iguales: bandejas de polietileno de alta densidad de 60x40 cm y 3 cm de profundidad, con perforaciones en la base para permitir el drenaje del agua sobrante.

Los germinados se siembran a densidades elevadas 20-200 gramos de semilla por bandeja, diferente según las especies, sobre una fina capa de fibra de coco y se cubren con vermiculita para evitar una rápida desecación de la semilla. A continuación se riegan con agua abundante y se colocan una encima de otra formando una o varias torres con una última bandeja vacía encima sobre la que se pone un peso. Esto mantiene las semillas a oscuras y con algo de presión, favoreciendo la germinación. Se mantienen así 36-48 horas, tras las cuales se ponen las bandejas una al lado de la otra en las camas de semillero donde se regarán según lo programado en el programador y se cosecharán siete días más tarde.

El ciclo del cultivo puede variar según la especie cultivada y la época del año. Según el cultivo, varía también la producción, moviéndose entre 500-800 gramos por bandeja. La media son unos 670 gramos por bandeja.

Las lechugas se siembran sobre un sustrato de fibra de coco directamente en los maceteros de malla y se colocan en las bandejas de polietileno en las camas de semillero donde se regarán según lo programado en el programador. Pasados 14 días, están listas para ser trasladadas a las camas de cultivo, donde se introduce el macetero con la plántula en el orificio de la plancha de poliestireno. La instalación cuenta con planchas de poliestireno con orificios situados a dos medidas diferentes, unas de 16 orificios/m² y otras de 25 orificios/m², según el cultivo se escoge una densidad u otra. Al cabo de 30 días, cuando las lechugas están listas para cosechar, se saca cuidadosamente la lechuga, junto con el macetero y la raíz, y los orificios estarían listos para recibir la siguiente tanda de lechugas.

La lechuga se corta, se limpia, se seca y se refrigera, y a continuación se separa cuidadosamente el macetero de la raíz para poder volver a utilizar el macetero.

Para hacer una estimación de la capacidad de la instalación se harán los cálculos de la producción en las camas de cultivo con una densidad de cultivo de 16 plantas/m².

Teniendo en cuenta que se lleva una banda semanal y que las lechugas tienen un ciclo de seis semanas, dos en semillero y cuatro en cama de cultivo, podemos dividir la superficie total de las camas de cultivo entre las cuatro semanas de ciclo.

$$\frac{214,8}{4} = 53,7 \text{ m}^2$$

Cada semana cosecharemos y tendremos que plantar $53,7 \text{ m}^2$ a una densidad de 16 plantas/ m^2 :

$$53,7 * 16 = \mathbf{859 \text{ lechugas por semana}}$$

Para calcular la producción de germinados debemos saber la superficie que tenemos disponible semanalmente.

Las plántulas de lechuga ocupan espacio en las camas de semillero durante 2 semanas, esto quiere decir que habrá el doble de plantas producidas en una semana:

$$859 * 2 = 1718 \text{ plantas}$$

Estas plantas están en maceteros de 5cm de diámetro sobre bandejas de 60x40 m ($0,24 \text{ m}^2$), por tanto nos caben:

$$\frac{60}{5} * \frac{40}{5} = 96 \text{ plantas por bandeja}$$

Por tanto necesitaremos:

$$\frac{1718}{96} = 18 \text{ bandejas para lechugas}$$

Cada bandeja ocupa $0,24 \text{ m}^2$ y tenemos un total de $163,2 \text{ m}^2$ de cama de semillero, por lo que caben:

$$\frac{163,2}{0,24} = 680 \text{ bandejas}$$

De éstas, 18 estarán dedicadas a plántulas de lechuga, por tanto tendremos 662 bandejas disponibles para germinados.

Los germinados pasan 7 días en las camas de semillero. Para cosechar dos veces por semana, se divide el número de bandejas entre dos:

$$\frac{662}{2} = 331 \text{ bandejas}$$

Dos días a la semana se siembran y cosechan 331 bandejas de germinados. Cada bandeja produce una media de 670 gramos de germinados; esto nos da una producción semanal de:

$$662 * 0,670 = 443,5 \text{ kg de germinados semanales}$$

Con estos cálculos podemos deducir la producción mensual y anual de la instalación

$$859 * 4 = \mathbf{3436 \text{ lechugas mensuales}}$$

$$3436 * 12 = \mathbf{41232 \text{ lechugas anuales}}$$

$$443,5 * 4 = \mathbf{1774,2 \text{ kg de germinados mensuales}}$$

$$1774,2 * 12 = \mathbf{21290 \text{ kg de germinados anuales}}$$

Hay que tener en cuenta que en la práctica estos valores varían, debido a variedad en especies de cultivo, duración de los ciclos de cultivo, de las densidades de cultivo según y la época del año.

1.7.3. CAPACIDAD Y MANEJO DE LA PRODUCCIÓN ACUÍCOLA

La instalación además se dedicará al engorde de peces, desde alevines de 1 mes de edad hasta que hayan alcanzado el peso de venta de 300-700 gramos. Se ha escogido como especie para la producción acuícola, la carpa común (*Cyprinus carpio*).

El hábitat natural de esta especie son los remansos de los ríos o masas de agua estancadas de las regiones templadas de Europa y Asia.

Muestra tolerancia frente a las variaciones de pH y concentración de iones del agua, además es tolerante a niveles bajos de oxígeno disuelto; requiere un mínimo de 4 mg/l y muere por debajo de 0,5 mg/l.

Es una especie omnívora que se alimenta de semillas de plantas, vegetación acuática y de invertebrados acuáticos. La proteína animal aporta los aminoácidos, ácidos grasos, vitaminas y minerales indispensables, mientras que los granos de cereales aportan la energía necesaria para una rápida ganancia en peso.

Es una especie termófila, amante de las aguas cálidas, siendo el rango óptimo para una rápida ganancia de peso, de 15-25 °C, aunque tolera bien las temperaturas extremas. Por encima de los 32 °C y por debajo de los 4 °C deja de alimentarse y, por tanto, de crecer.

Se diferencian dos períodos a lo largo del año, el período activo; cuando la tasa de alimentación y, con ello, la velocidad de crecimiento de los peces aumenta conforme aumenta la temperatura del agua, y el período pasivo; cuando los peces cesan de alimentarse y por tanto de crecer, con la bajada de la temperatura.

La instalación no cuenta con ningún tipo de calefacción ni refrigeración, por lo que la temperatura del agua fluctuará a lo largo del año, variando también la velocidad de crecimiento de los peces.

Tabla 1: Temperaturas medias mensuales del aire en La Romana

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Temperatura media (°C)	8,5	9,3	11,6	13,9	17,1	21,3	24,4	24,6	21,8	17,1	12,7	9,7
Temperatura min (°C)	3,4	4	5,9	8,3	11,3	15,2	18	18,3	15,7	11,5	7,4	4,8
Temperatura max (°C)	13,6	14,7	17,4	19,5	22,9	27,5	30,9	31	27,9	22,7	18	14,6

(Fuente: www.climate-data.org)

Como se puede observar en la tabla 1, en esta zona geográfica, se puede estimar un periodo activo medio de abril a octubre; 210 días.

Con estas temperaturas podemos esperar que los peces alcancen el peso de mercado de 300-700 gramos, en un año aproximadamente aportando una tasa de alimentación del 10 % de su peso ³.

La instalación dispone de tres tanques, tanque A, B y C, cada uno estará dedicado a una etapa del crecimiento de los peces, de manera que los peces en cada tanque son de tamaños similares, para evitar así el canibalismo.

Los alevines (de 1 mes de edad) recién llegados se introducen en una jaula flotante de 2m³ en el tanque dedicado a los peces más jóvenes (tanque A). Transcurridos 3 meses, se sacan de la jaula flotante para que habiten el tanque completo (tanque A).

El segundo tanque (tanque B) es para peces de un tamaño medio, y el tercero (tanque C) para los peces que ya han alcanzado el peso de venta.

Se manejará la instalación para vender peces cada semana a restaurantes y hoteles de la zona. Todos los individuos no crecen de manera homogénea, esto y el amplio rango de peso de venta (300-700 gramos), permite más tiempo entre cada tanda de alevines adquiridos y así facilitar el manejo de la instalación y reducir costes.

Es conveniente adquirir a los alevines durante el periodo activo (abril-octubre), para que lleguen con peso ganado al periodo pasivo (noviembre-marzo). Para tener peces para la venta durante todo el año, se adquirirán dos lotes de alevines en el periodo activo; un lote al principio (abril) y otro a mediados (julio). Estos dos lotes abastecerán la demanda de los restaurantes durante un año, mientras crecen los dos lotes siguientes, por lo que la explotación tendrá cuatro lotes en todo momento.

El primer lote, adquirido en abril, se introducirá en la jaula flotante en el tanque A. Con la llegada del segundo lote, el primero se saca de la jaula y se libera en el tanque A, y se introduce el segundo lote en la jaula. A finales del periodo activo (octubre), se introduce el primer lote en el tanque B y se liberan los peces de la jaula flotante en el tanque A. Al año siguiente se adquiere, con la llegada del periodo activo (abril), el tercer lote que se introduce en la jaula flotante.

En este momento, debido al crecimiento desigual entre los individuos, habrá algunos peces del primer lote listos para la venta; los peces más grandes se introducirán en el tanque C. A mediados del periodo activo, antes de la llegada del cuarto lote se transfiere manualmente el tercer lote del tanque A al tanque B o C dependiendo del tamaño de los individuos; los grandes al C y los medianos al B. De esta manera, los peces que están

listos para la venta están en el tanque C. El tercer lote se libera en el tanque A y el cuarto lote se introduce en la jaula en el tanque A.

Para equilibrar la densidad de peces (kilogramos de pez por metro cúbico) en cada tanque, cada semana, cuando se sacan los peces para la venta del tanque C, se deben transferir los peces más grandes del tanque B al C.

Con la llegada de abril del año siguiente ya no quedan peces de los lotes 1 y 2 y se comienzan a vender los de los lotes 3 y 4, y se adquieren lotes nuevos siguiendo el mismo manejo descrito.

La densidad de siembra no deberá superar los 30 kg/m^3 , considerando tan solo el volumen de cada tanque de cría. Para saber el número de alevines de cada lote, tomamos como referencia el tanque C, ya que es nuestro tanque limitante que alberga los peces más grandes.

Cada tanque de cría tiene una capacidad de $5,9 \text{ m}^3$, con una densidad de 30 kg/m^3 ;

$$5,9 * 30 = 177 \text{ kg de pez por tanque de cría}$$

Con una media de 500gramos de peso de venta;

$$\frac{177}{0,5} = 354 \text{ peces}$$

podremos tener un máximo 354 peces de 500 gramos en el tanque C.

Con una mortandad estimada de alrededor del 5 % en todo el engorde, cada lote se estará compuesto por **370 individuos**.

Dado que se venden dos lotes al año, vendidos semanalmente, y hay 52 semanas en un año;

$$354 * 2 = 708 \text{ peces al año}$$

$$\frac{708}{52} = 13,7 \rightarrow 13 \text{ peces a la semana}$$

Con una media de 500 gramos cada pez;

$$708 * 0,5 = 354 \text{ kg de pez al año}$$

$$\frac{354}{52} = 6,8 \text{ kg de pez a la semana}$$

A la hora de pescar los peces para la venta, se tendrá en cuenta que hay una relación entre el peso y la longitud de los peces, como se puede observar en el siguiente gráfico.

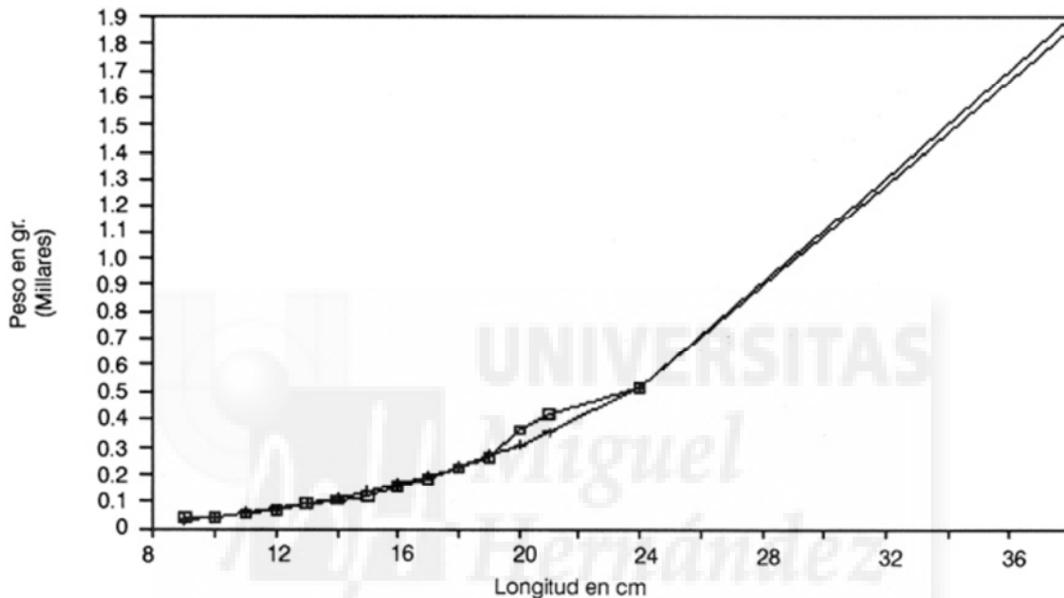


Figura 4: Relación de peso, en gramos, y longitud, en centímetros, de la carpa común (*Cyprinus carpio*) (Fuente: Ritter-Ortiz et al., 1992 ⁴)

Podemos observar que al peso de venta, 300-700 gramos, los peces tendrán una longitud de entre 20 y 26 centímetros. Se pintan líneas verticales espaciadas 20 cm en los laterales interiores de los tanques de cría para poder ver con más facilidad los peces que están listos para la venta.

La alimentación de los peces será un pienso completo con un mínimo de 30 % de proteína (proteína animal y vegetal) y se hará con comederos automáticos. Se trata de una tolva con un programador y un dosificador acoplados. Las tolvas se dimensionarán

con una capacidad suficiente para almacenar, como mínimo, el pienso de dos días, ahorrando así en gastos de mano de obra los fines de semana.

Los programadores funcionan con baterías de 12 V.

Según la edad y tamaño de los peces, la alimentación es diferente; los peces en el tanque A tendrán alimento de iniciación y los peces de los tanques B y C tendrán pienso de engorde. El pienso de iniciación viene en pellets de 1mm y el de engorde en pellets de 3-6 mm.

Podemos estimar que, en un momento dado, la media de peso de los peces en cada tanque será; 500 gramos los peces del tanque C, 200 gramos los peces del tanque B, 50 gramos los peces del tanque A y 10 gramos los peces de la jaula flotante.

$$354 * 0,5 = 177 \text{ kg de pez en tanque C}$$

$$354 * 0,2 = 69 \text{ kg de pez en tanque B}$$

$$354 * 0,05 = 17,7 \text{ kg de pez en tanque A}$$

$$354 * 0,01 = 3,5 \text{ kg de pez en jaula flotante}$$

Esto nos daría un peso total de **267 kg** de pez en los tanques de cría en un momento dado.

Los peces se alimentarán de manera que consuman entre 6-10 % de su peso al día. Lo que se traduce en:

$$267 * 0,1 = 26,7 \text{ kg de pienso al día}$$

Para dimensionar la capacidad de las tolvas de cada tanque para que almacenen pienso para dos días:

$$177 * 0,1 * 2 = 35,4 \text{ kg de capacidad en tanque C}$$

$$69 * 0,1 * 2 = 13,8 \text{ kg de capacidad en tanque B}$$

$$17,7 * 0,1 * 2 = 3,54 \text{ kg de capacidad en tanque A}$$

$$3,5 * 0,1 * 2 = 0,7 \text{ kg de pez en jaula flotante}$$

Hay que tener en cuenta que estos datos corresponden a las cantidades máximas de alimento consumido en los periodos de actividad de los peces (abril-octubre).

Las tolvas serán de 10 kg de capacidad para los tanques C y B, por lo que el tanque C dispondrá de cuatro tolvas y el tanque B dispondrá de dos. El tanque A y la jaula flotante dispondrán de uno de 5 kg de capacidad cada uno.

Las tolvas vienen con un sensor de luz para alimentar durante las horas de luz proporcionando alimento cada hora. La cantidad de alimento diario consumido a lo largo del año variará con las fluctuaciones de temperatura del agua, por lo que habrá que ajustar mensualmente los dosificadores de las tolvas. La cantidad de comida proporcionada debería ser ingerida por los peces en menos de 10 minutos; por lo que cada mes se ajustará la dosis y se observa cuánto tardan en consumir la comida; si tardan más, hay que disminuir la dosis y si tardan mucho menos de 10 minutos habrá que aumentar la dosis.

La cantidad de alimento que se debe proporcionar a los peces también se puede saber analizando el contenido de nitrógeno del agua. Si la concentración de nitrógeno aumenta por encima de 180 ppm debemos dar menos alimento a los peces y si disminuye por debajo de 70 ppm debemos dar más pienso a los peces.

1.7.4. MANEJO DE LA CALIDAD DEL AGUA Y LA NUTRICIÓN VEGETAL

La calidad del agua es crucial para el buen funcionamiento del sistema, por eso la instalación cuenta con elementos de medición de las características físico-químicas del agua.

Los parámetros más importantes que se medirán periódicamente son: el pH, la temperatura (del agua y del aire), la conductividad eléctrica (CE) y el oxígeno disuelto. También se medirán los niveles de nitrógeno (amonio, nitritos y nitratos).

Para medir estos parámetros la instalación cuenta con un medidor de pH, temperatura y conductividad eléctrica, medidor de oxígeno disuelto y kit de análisis de nitrógeno de agua dulce.

Los rangos de valores óptimos de estos parámetros se describirán a continuación.

En acuaponía, como se trata de un sistema en el que conviven organismos diferentes (plantas, peces y bacterias) y por tanto con diferentes condiciones ambientales óptimas debemos mantener la instalación dentro de un rango que complazca a todos los organismos.

- pH

El pH óptimo para los peces se encuentra en un rango de 6,6-8, la plantas tienen un rango óptimo de 5,5-6,8 y las bacterias un rango de 6,5-8; por tanto la explotación se debe mantener en un rango de **pH 6-7**.

- Temperatura del agua

La carpa común se alimenta y mantiene una rápida velocidad de crecimiento con temperaturas entre 14°C y 25°C.

El rango de temperaturas del agua para el desarrollo de plantas es variable dependiendo del cultivo; en cualquier caso el rango para el desarrollo de cualquier planta sería entre 0 °C y 30 °C, ya que por debajo de 0 °C se congela el agua y por encima de 30 °C el oxígeno disuelto disminuye drásticamente. Dicho esto, cada cultivo tiene un rango óptimo; siendo éste mayor para plantas de clima cálido como el tomate o el pimiento y menor para plantas de clima frío como la lechuga.

- Conductividad eléctrica

Entre los peces, las plantas y las bacterias; las plantas son las menos tolerantes a elevadas concentraciones de sales en el agua prefiriendo un rango entre 1 mS/cm y 2 mS/cm. No es recomendable superar los 3,5 mS/cm para garantizar el buen desarrollo del cultivo.

- Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto del agua es crucial para el buen funcionamiento del sistema y por ello se debe llevar un buen programa de mantenimiento del sistema de aireación.

La carpa común es un pez relativamente tolerante a bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua, tolerando un mínimo de 3 mg/l sin perjudicar su correcto desarrollo, aunque el nivel óptimo es de 5 mg/l o más.

Las plantas toleran un mínimo de 2,5 mg/l y las bacterias un mínimo de 2 mg/l.

Las necesidades de los peces son el factor limitante, por tanto se debe mantener el oxígeno disuelto por encima de los 5 mg/l en todo momento.

Tabla 2: Resultado de análisis de acuíferos de la zona de La Romana, Alicante

Temp (°C)	CE (mS/cm)	pH	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)
20	1 - 2	7,4	100-200	50-150	100-200	7-10	200-300	200-300	300-400	50-100

(Fuente: E. García Sánchez, 2016⁵)

La calidad del agua del pozo no es ideal pero es el recurso del que dispone la instalación y habrá que tener en cuenta sus limitaciones.

Ciclado del sistema

Una vez terminada la instalación, se ha llenado de agua y las bombas se han puesto en funcionamiento, el sistema debe pasar por un proceso que llamamos “ciclado”, en el que se establecen las bacterias nitrificadoras (*Nitrosomonas* y *Nitrobacter*, entre otras) en el lecho del biofiltro y completan el ciclo de nitrificación, en el que convierten el amoníaco en nitritos y éstos en nitratos.

Las bacterias nitrificantes están presentes en el agua, por ello, en cuanto tengan una fuente de amoníaco, solo es cuestión de tiempo hasta que se establezcan en el biofiltro.

El amoníaco es tóxico para los peces, por lo que el ciclado se hará sin peces, aportando una fuente externa de amoníaco. Una vez se haya completado el ciclado del sistema, se introducirán los peces⁶.

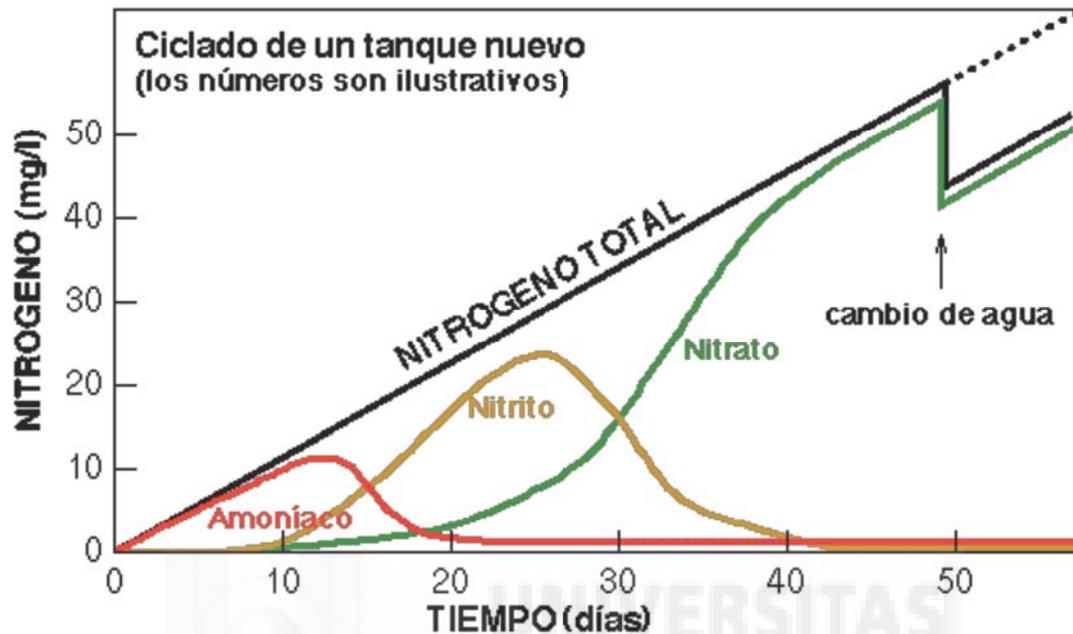


Figura 5: Evolución del nitrógeno en el ciclado del sistema (Fuente: Patak, A. 2009⁶)

Para completar el ciclado del sistema se debe seguir un procedimiento. Se debe agregar una fuente de amonio, como es el hidróxido de amonio (NH_4OH), al sistema para que las bacterias tengan algo que procesar, ya que aún no hay peces en el sistema. También se debe plantar algún cultivo, ya que las plantas son capaces de absorber algo del amonio.

Se añadirán 10 ml de hidróxido de amonio por cada 1000 l de agua en los tanques de cría; 177 ml de hidróxido de amonio para los 17,7 m³ de los tanques de cría. Después de dos horas, se deben analizar los niveles de amonio (NH_3) en el sistema con el kit de análisis y se continúa añadiendo amonio hasta que el análisis indique 2-4 ppm de amonio.

Unos días más tarde se puede analizar el agua para ver si hay presencia de nitritos (NO_2^-). En cuanto haya presencia de nitritos, seguiremos añadiendo amonio cada día y comenzaremos a analizar el agua para ver si hay presencia de nitratos (NO_3^-) y

continuaremos añadiendo amonio hasta que la concentración de nitrato sea de 5-10 ppm. Llegado este momento, el sistema está ciclado y se pueden introducir los peces.

El proceso de ciclado puede durar entre 2-4 semanas cuando la temperatura del agua es superior a 20 °C, pero puede durar 4 meses cuando la temperatura es inferior.

Durante el proceso de ciclado es recomendable analizar y documentar los parámetros indicados diariamente para asegurar el correcto desarrollo y funcionamiento del sistema. Una vez ciclado se puede analizar semanalmente.

Ajustes y enmiendas

- pH

En este caso, el agua del pozo tiene un pH 7,4, que está por encima del rango deseado (pH 6-7). También se debe tener en cuenta que el pH tiene tendencia a bajar con el tiempo. Esto es indicación del buen funcionamiento del sistema, ya que en la reacción química de nitrificación del amoníaco, se liberan 5 iones de hidrógeno, quedándose el agua más ácida.

Por tanto, es aconsejable esperar y documentar la evolución del pH.

Dependiendo de la evapotranspiración, que varía según la época del año, se repondrá el agua evaporada del sistema con mayor o menor frecuencia. Debido a que el pH del agua del pozo es ligeramente básica (pH 7,4), habrá que medir y documentar el pH antes y después del repuesto, para ver si es necesario hacer un ajuste de pH.

Habrà momentos en los que sea necesario un ajuste de pH, en estos casos se pueden añadir compuestos alcalinos para elevar el pH. Se puede usar carbonato cálcico (CaCO_3), hidróxido de calcio (Ca(OH)_2), bicarbonato potásico (KHCO_3), carbonato de magnesio (MgOH_3) o hidróxido de potasio (KOH) para subir el pH del sistema. Esto se hará añadiendo 50 gramos de cualquiera de los compuestos anteriores por cada 1000 l de agua en los tanques de cría; es decir 354 gramos de aditivo para los $17,7\text{m}^3$ en los tanques de cría. Analizando y documentando el

cambio de pH diariamente después del ajuste y continuar añadiendo hasta obtener el pH deseado (pH 6,7-7). Los aditivos se deben aportar lo más lejos del tanque de cría posible para evitar un choque de pH, que podría dañar a los peces.

Es importante analizar y documentar el pH del sistema semanalmente, y observar el descenso del pH, ya que nos indica que el sistema está funcionando correctamente.

En caso de que se observe que el pH comienza a ascender, es señal de que hay una zona del sistema que se ha hecho anaeróbica, que conlleva bacterias anaerobias. Estas bacterias llevarán a cabo el proceso contrario al de nitrificación, transformando los nitratos de nuevo en amoníaco. En este proceso el pH del agua desciende.

- **Macronutrientes y micronutrientes**

Hay que tener en cuenta que los nutrientes que entran en el sistema provienen del alimento de los peces, por lo que es importante aportar un pienso completo y rico en minerales.

En cualquier caso, los piensos comerciales van a aportar suficiente nitrógeno (N) y fósforo (P) pero serán deficientes en potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca) y hierro (Fe); elementos necesarios para el buen desarrollo de las plantas. Por esto debemos hacer aportes periódicos de estos elementos.

En cuanto al potasio, el calcio y el magnesio, se aportarán regularmente en forma de carbonato cálcico (CaCO_3), hidróxido de calcio (Ca(OH)_2), bicarbonato potásico (KHCO_3), carbonato de magnesio (MgOH_3) o hidróxido de potasio (KOH) cuando se ajuste el pH del sistema. Es recomendable mezclar los compuestos con calcio, potasio y magnesio para aportar estos elementos con una relación de 4:2:1; cuatro partes de compuesto de calcio, dos partes de compuesto de potasio y una parte de compuesto con magnesio; o intercalar los productos.

En cuanto al hierro, se debe aportar en forma de quelatos de hierro, para que pueda ser absorbido por las plantas.

También es recomendable aportar una fuente de micronutrientes periódicamente, como es el extracto de algas.

Durante los primeros dos años se puede observar que los peces por sí solos no están aportando los nutrientes que demandan las plantas en cantidad suficiente, debido a que los peces son pequeños y hay pocos. Por lo tanto habrá que aportar nutrientes externos. Esto se puede hacer aportando un fertilizante orgánico o utilizando el tanque de mineralización.

El tanque de mineralización sirve para mineralizar los sólidos acumulados en los tanques de sedimentación pero también se puede usar para mineralizar materia orgánica externa, como sería compost o estiércol. Se añade la materia orgánica al tanque y se deja durante 48 horas con aireación. Esto mineraliza los nutrientes haciéndolos solubles en el agua que, a continuación, se introduce en el sistema.

Para un buen desarrollo de las plantas es conveniente tener una concentración de nitrógeno (NO_3^-) de entre 70-180 ppm, por lo que analizaremos el agua semanalmente.

Cuando el sistema lleve más de dos años, habrá peces suficientes para aportar nutrientes en cantidad suficiente, seguimos analizando semanalmente. Si la concentración de nitrógeno aumenta por encima de 180 ppm debemos dar menos alimento a los peces y si disminuye por debajo de 70 ppm debemos dar más pienso a los peces o aporte de materia orgánica a través del tanque de mineralización.

Transcurridos 3-4 años desde la instalación del sistema éste habrá “madurado”, tendrá una colonia estable de bacterias beneficiosas y estarán los tanques de cría en plena producción. Además se habrán hecho numerosos ajustes y enmiendas y estará todo documentado, de manera que hay experiencia suficiente para saber cuando hay que añadir cada producto y cuánto, que se podrá y se debería hacer un calendario de enmiendas y ajustes para fácil manejo del sistema.

1.8. RESUMEN GENERAL DE PRESUPUESTOS

Presupuesto de ejecución material (PEM)

Resumen Presupuesto Instalación	
Fontanería	20.277,15
Carpintería	8.915,82
Inst. Eléctrica	214.017,63
Invernaderos	12.880,00
Otros	10.541,81
TOTAL	266.632,41 €

Asciende el Presupuesto de Ejecución Material a la expresada cantidad de DOSCIENTOS SESENTA Y SEIS MIL SEISCIENTOS TEINTA Y DOS EUROS CON CUARENTA Y UN CÉNTIMOS.

Presupuesto de contrata

PEM +13% gastos generales + 6% de beneficio industrial

PEM	266.632,41 €
13% de Gastos Generales	34.662,21 €
6 % Beneficio Industrial	15.997,94 €
Presupuesto de contrata	317.292,56 €

Asciende el Presupuesto de Contrata a la expresada cantidad de TRESCIENTOS DIECISIETE MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y DOS EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS.

Presupuesto total

Presupuesto de contrata	317.292,56 €
+21% IVA	66,631.44 €
Presupuesto total	384.924,00 €

Asciende el Presupuesto total a la expresada cantidad de TRESCIENTOS OCHENTA Y CUATRO MIL NOVECIENTOS VEINTICUATRO EUROS CON CERO CÉNTIMOS.

2 de julio de 2018, la alumna



Fdo.: Karoline Quaade González

1.9. ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO

Para poder estimar la viabilidad del proyecto se ha calculado el flujo de caja además de la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN).

El flujo de caja nos muestra que se alcanza el punto de equilibrio en el año 2 y que se recupera la inversión en el año 7.

Los valores del VAN y la TIR son 3,4 % y 56.238 respectivamente.

El valor del TIR, 3,4 %, nos indica que cada año recuperamos un 3,4 % de la inversión inicial. El valor del VAN nos indica que el valor del proyecto a día de hoy es de 56.238€.

Con estos valores podemos concluir que se trata de una inversión rentable.

1.10. ENCUADRE AMBIENTAL

La Ley 6/2014 de 25 de Julio, de la Generalitat, de Prevención, Calidad y Control de Actividades en la Comunitat Valenciana (2014/7304), recoge en el Anexo I y el Anexo II los listados de actividades sujetas a autorización ambiental integrada y licencia ambiental respectivamente.

La lista no incluye instalaciones de tipo hidropónico ni invernaderos.

En cuanto a instalaciones de acuicultura, en apartado 9 del Anexo I sobre “Industrias Agroalimentarias y explotaciones ganaderas”

“9.7. Instalaciones para la acuicultura intensiva (excluidas las instalaciones de mar abierto) que tenga una capacidad de producción superior a 25 toneladas año.”

Nuestra instalación producirá un máximo de 354 kg al año, y por tanto, no está sujeto a Evaluación de Impacto Ambiental.

1.11. REFERENCIAS

- 
- ¹ Suhr, K. I., Pedersen, P. B., 2009. Nitrification in moving bed and fixed bed biofilters treating effluent water from a large commercial outdoor rainbow trout RAS. Agricultural Engineering, Technical University of Denmark: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860909000879>
- ² Losordo, M. T., 2015. Estimating biofilter size for RAS system. Wisconsin Aquaculture Association: http://www.wisconsinaquaculture.com/News_Details.cfm?NID=614&LinkType=57
- ³ Horvath, L., Tamás, G. y Seagrave, C. 1992. Cultivo de carpa y otros peces de estanque. Dirección de Acuicultura. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca,

Argentina: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/167-Cultivo_de_Carpas_y_otros.pdf

⁴ Ritter-Ortiz, W., Suárez-Sánchez, J. y Rodríguez-Maldonado, R. 1992. Crecimiento, sobrevivencia y optimización de la carpa (*Cyprinus carpio*) en la presa de Atlangatepec, Tlaxcala. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Autónoma de México. (Consultado en : <http://biblioweb.tic.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1992-1/articulo403.html>)

² García Sánchez, E. 2016. Caracterización Hidrogeológica de los Acuíferos de Aspe y La Horna (Aspe, Alicante). Tesis Doctoral Universidad de Alicante

⁶ Patak, A., 2009. ¿Qué es el ciclo del nitrógeno?. Acuariofilia en español.

⁷ Rakocy, E. J., Masser, P. M., y Losordo, M. T. 2006. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics – Integrating Fish and Plant Culture. Southern Regional Aquaculture Center: https://www.researchgate.net/publication/284496499_Recirculating_aquaculture_tank_production_systems_Aquaponics-Integrating_fish_and_plant_culture

⁸ Zagal, Tranquilino, M. *et al.* 2016. Producción de forraje verde hidropónico de maíz. Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Nayarit: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322016000100029

ANEJOS A LA MEMORIA



ANEJO N°1: DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN

CAMAS DE CULTIVO Y TANQUES DE CRÍAS

Todas las camas de cultivo son de 1,2 m de ancho para facilitar el acceso a toda la cama. En sistemas acuapónicos se ha visto que la presencia de camas de cultivo con sustrato ayudan en la estabilidad del sistema debido a que, entre el sustrato encuentran cobijo bacterias beneficiosas, por esta razón se incluirán cinco camas de cultivo con sustrato. Estas camas son de 5 metros de largo, ya que es la medida máxima determinada de este tipo de camas para el correcto funcionamiento del sifón.

El dimensionado de las camas de cultivo y los tanques de crías es necesario hacerlo a la par por los siguientes motivos.

Una cantidad de plantas determinada requiere una cantidad determinada de nutrientes; esta cantidad de nutrientes deriva de la cantidad de alimento que han ingerido los peces. Por tanto debemos tener una cantidad de peces suficiente para ingerir la cantidad de alimento que debemos aportar al sistema diariamente.

Según estudios hecho por el Dr. James Rakocy en su sistema acuapónico experimental en la University of Virgin Islands (UVI)⁷, ha determinado que esta relación entre alimento proporcionado y superficie de cultivo se mueve en un rango de **60–100 g de alimento/m² de cultivo/día** según las exigencias del cultivo; siendo lechugas y cultivos de hoja, cultivos de baja exigencia y tomates y otros cultivos de fruto, de exigencia alta.

Generalmente, un pez puede ingerir entre un 6-10 % de su peso al día. Con esto podemos determinar la cantidad en kilogramos de peces que requiere la instalación; y, sabiendo los kilogramos de pez por metro cúbico, recomendados para el correcto desarrollo de los peces, podemos determinar el volumen de los tanques de cría en relación con la superficie de cultivo.

La superficie de cultivo es nuestro factor limitante, por tanto haremos los cálculos basados en esta superficie: **378 m²**; esta cifra incluye las camas de cultivo de agua profunda, las camas con sustrato y las camas de cultivo de germinados.

A continuación, sabiendo el tipo de cultivo; que serán principalmente cultivo con exigencias nutritivas bajas, como lo son la lechuga, espinacas; aromáticas como el perejil, cilantro, albahaca y los germinados; podemos determinar la tasa de alimentación. Para el dimensionado de los tanques vamos a determinar una tasa de **70 g/m²/día**.

Con una tasa de **70 g/m²/día** y una superficie de **378 m²**:

$$\text{Alimento diario} = 0.070 * 378 = 26,5 \text{ kg/día}$$

Sabiendo que esta cifra se traduce al 10% del peso total de los peces:

$$\text{Kg total peces} = \frac{26.5}{0.1} = \mathbf{264,6 \text{ kg de peces}}$$

En la explotación se adoptará un sistema intensivo con 15-30 kg de peces por metro cúbico. El dimensionado se hará con la densidad de 15 kg/m³ para obtener un volumen de referencia que podrá albergar, en caso necesario, densidades mayores de peces. Se requiere un volumen total de:

$$\text{m}^3 \text{ de tanque de cría} = \frac{264.6}{15} = \mathbf{17,6 \text{ m}^3}$$

Es conveniente tener más de un tanque, ya que para tener una producción constante, tendremos peces de diferentes tamaños y no deben estar juntos en un mismo tanque.

Los tanques no deberían ser de más de 1,2 m de alto para facilitar el manejo y la visibilidad de los peces.

La instalación contará con tres tanques, sabiendo que necesitamos un mínimo 17,6 m³ y una altura de 1,2 m:

$$\pi r^2 * 1,2 * 3 = 17,6 \text{ m}^3$$

$$r = \mathbf{1,25 \text{ m}}$$

TANQUE DE SEDIMENTACIÓN

Los tanques de sedimentación se dimensionan según el volumen/caudal de los tanques de cría. El caudal de los tanques de cría debe ser tal que el agua se renueve como mínimo en una hora; y el caudal de los tanques de sedimentación debe ser tal que el agua permanezca en el tanque un mínimo de 20 minutos, tiempo necesario para que sedimenten los sólidos. Para garantizar la sedimentación, los tanques se dimensionarán para que el agua permanezca 30 minutos en los tanques.

El caudal del tanque o conjunto de tanques de cría será un máximo de $17,5 \text{ m}^3/\text{hora}$, este mismo caudal fluirá por los tanques de sedimentación; por tanto, el volumen del tanque o conjunto de tanques de sedimentación debe ser de la mitad de los de cría: **$8,75 \text{ m}^3$**

EQUIPO DE DESINFECCIÓN ULTRAVIOLETA

Los equipos de desinfección de luz ultra violeta (UV) se eligen según el caudal de agua que pasa por el filtro, que será $16,8 \text{ m}^3/\text{h}$ por lo que se elige un filtro con esta capacidad.

BIOFILTRO

Los biofiltros se dimensionan en función de la cantidad de amonio que deben procesar, que viene de los restos de comida y excrementos. Las bacterias se alojan en la superficie de las biobolas que hay en el biofiltro, por tanto es necesaria una superficie suficiente para albergar a las bacterias requeridas para la nitrificación del amonio. Estos cálculos son complejos y al ser un proceso muy crítico para el correcto funcionamiento del sistema es recomendable adquirir un biofiltro prefabricado.

Para esta instalación se comprará un biofiltro prefabricado. El fabricante indica la cantidad de alimento máxima que es capaz de procesar y el caudal de funcionamiento; que en nuestro caso son **27 kg** de comida al día, a un caudal de **$16,8 \text{ m}^3/\text{h}$** .

Utilizaremos un biofiltro compacto sin presión para agua dulce como el modelo LSB35-2 de PENTAIR u otro de características similares.

Este modelo funciona en un rango de 15-30 kg de comida al día a un caudal de entre 6-20 m³/h. Requiere un caudal de aire de 128 l/min y tiene un volumen de 1,22 m³.

Este biofiltro viene equipado con las biobolas necesarias y tiene unas dimensiones de 1,27 m de alto y 1,2 m de diámetro y un volumen de 1,22 m³. Las tuberías de entrada y salida están a 1,05 m desde la base de 63 mm de diámetro.

RESERVORIOS

Los reservorios recogen el agua que circula por las camas de cultivo. El agua es impulsada hacia los tanques de cría por medio de una bomba situada junto al reservorio más cercano a la zona de cría y filtrado.

Además, los reservorios deben poder recoger todo el agua que llegue a los reservorios en caso de que la bomba deje de funcionar. En este caso, llegará a los reservorios el agua de las camas con sustrato y todo el agua por encima de las tuberías de salida de las camas de cultivo de agua profunda, de los tanques de cría, de los tanques de sedimentación y del biofiltro.

A continuación se muestran los cálculos de dimensionado de los reservorios:

- Camas de cultivo con sustrato:

El sustrato ocupa 2/3 de la capacidad de estas camas, por lo tanto el volumen ocupado por el agua será de 1/3:

$$5 * 1,2 * 0,3 * \frac{1}{3} = 0,6 \text{ m}^3$$

Tenemos 5 camas, por tanto serán **3 m³** que deben recoger de las camas con sustrato.

- Camas de cultivo de agua profunda:

La tubería de salida de estas camas evacúa una lámina de 10 cm de agua, que son:

$$0,1 * 1,2 * 26 = 3,12 \text{ m}^3 \text{ por cama}$$

Tenemos 6 camas; por tanto será un total de **18,72 m³** evacuados de las camas de agua profunda.

- Tanques de cría: las tuberías de salida evacúan una lámina de 15 cm

$$\pi * 1,25^2 * 0,15 = 0,74 \text{ m}^3 \text{ por tanque}$$

Tenemos tres tanques, por tanto será un total de **2,2 m³** evacuados de los tanques de cría.

- Tanques de sedimentación: las tuberías de salida de los tanques de sedimentación evacúan una lámina de 15 cm

$$\pi * 1^2 * 0,15 = 0,47 \text{ m}^3 \text{ por tanque}$$

Tenemos dos tanques de sedimentación, por tanto será un total de **0,94 m³** evacuados de los tanques de sedimentación.

La suma de todos los valores nos dará el volumen mínimo que deben poder recoger los reservorios:

$$3 + 18,72 + 2,2 + 0,94 = \mathbf{24,9 \text{ m}^3} \text{ de capacidad mínima}$$

ANEJO N°2: DIMENSIONADO DE BOMBAS

BOMBA HIDRÁULICA:

La bomba debe impulsar un caudal a una presión para llevar el agua a los tanques de cría y también debe tener presión y caudal suficiente para regar el semillero. Por lo tanto se dimensionará la bomba para ambos situaciones por separado y se escogerá la situación mas exigente.

Dimensionado para los tanques de cría:

La bomba debe impulsar un caudal máximo de **17,7 m³/h** a una altura de **1,65 m** por una tubería de **23,1 m** de largo y **58,4 mm** de diámetro interior, con **12 codos, 3 Ts y 3 válvulas de bola**.

La pérdida de carga se calcula a continuación utilizando la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2 * g}$$

Donde:

f: factor de fricción de Darcy (adimensional)

L: longitud de la tubería (m)

D: diámetro interior de la tubería (m)

V: velocidad del agua (m/s)

g: fuerza de la gravedad (9,80665 m/s²)

⇒ Factor de fricción: para determinar el factor de fricción mediante el Diagrama de Moody, debemos saber calcular el número de Reynolds (Re) y la rugosidad relativa (e)

$$Re = \frac{V * D}{\nu}$$

$$e = \frac{k}{D}$$

Donde:

ν : viscosidad a 20°C=1,01*10⁻⁶ m²/s

k : rugosidad absoluta (en tuberías de PE: K=0,002)

La velocidad real del agua por la tubería es de :

$$0,0584 = \sqrt{\frac{4 * 0,004917}{\pi * X}} \Rightarrow X = \mathbf{1,84 \text{ m/s}}$$

$$Re = \frac{1,84 * 0,0584}{1,01 * 10^{-6}} = \mathbf{106139}$$

$$e = \frac{0,002}{0,0584} = \mathbf{0,034}$$

Con el número de Reynolds y la rugosidad relativa determinamos con el Diagrama de Moody que el factor de fricción es: **f = 0,02**

$$hf = 0,02 * \frac{23,1}{0,0584} * \frac{1,84^2}{2 * 9,81} = \mathbf{1,375 \text{ m. c. a}}$$

La tubería tiene 12 codos, 3 Ts y 3 válvulas de bola. La pérdida de carga de estos elementos se calculan con la siguiente fórmula:

$$hl = K * \frac{V^2}{2 * g}$$

Donde:

K: coeficiente de pérdida de carga en singularidades

$$K \text{ codo } 90^\circ = 0,75$$

$$K T = 1,80$$

$$K \text{ válvula de bola} = 10$$

$$hl_{\text{codo}90^\circ} = 0,75 * \frac{1,84}{2 * 9,81} = 0,070 \text{ m} \Rightarrow 0,07 * 12 = 0,844 \text{ m. c. a.}$$

$$hl_T = 1,80 * \frac{1,84}{2 * 9,81} = 0,169 \text{ m} \Rightarrow 0,169 * 3 = 0,507 \text{ m. c. a.}$$

$$hl_{\text{válvula}} = 10 * \frac{1,84}{2 * 9,81} = 0,938 \text{ m} \Rightarrow 0,938 * 3 = 2,81 \text{ m. c. a.}$$

La pérdida de carga total por singularidades es:

$$h_{\text{total}} = 0,844 + 0,507 + 2,81 + 1,38 = \mathbf{5,54 \text{ m. c. a.}}$$

La pérdida de carga por la tubería y singularidades de 5,54 m.c.a. mas la diferencia de cota 1,65 m, nos da la altura manométrica mínima que debe tener la bomba

La instalación requiere una bomba con un caudal máximo de **17,7 m³/h** y una altura manométrica mínima de **7,2 m.c.a.**

Dimensionado para el riego del semillero:

Se han escogido los emisores de manera que hay 38 emisores por línea, y 6 líneas de emisores de 23 m de longitud. Cada emisor emite 40 l/h y requiere una presión de trabajo de 2 m.c.a. La terciaria tiene una longitud de 10,8 m.

Para la pérdida de carga utilizaremos la siguiente fórmula:

$$hr = 0.00083 * \frac{Q^{1,75}}{D^{4,74}} * L * F$$

Donde:

hr: pérdida de carga (m.c.a.)

Q: caudal (m³/s)

D: diámetro interior de la tubería (m)

L: longitud de la tubería (m)

F: factor de Christiansen



Primero calcularemos la pérdida de carga de las líneas porta emisores:

Las líneas porta emisores tienen 38 emisores de 40 l/h cada línea por lo que transportan un caudal de 0.000422 m³/s, tienen un diámetro interior de 16 mm y una longitud de 23 m.

Con 38 emisores el factor de Christiansen es F=0,376

$$hr = 0,00083, \frac{0,000422^{1,75}}{0.016^{4,74}} * 23 * 0,376 = 3,02 \text{ m. c. a.}$$

Con 6 líneas porta emisores tendremos una pérdida de carga de 18,15 m.c.a.

A continuación de calcula la pérdida de carga de la terciaria:

Cada línea porta emisores transporta un caudal de 1520 l/h; hay 6 líneas por tanto la terciaria lleva 9120 l/h; 0,00253 m³/s

La terciaria tiene 6 salidas que corresponden con las 6 líneas porta emisores; por tanto el factor de Christiansen es F=0,451

$$hr = 0,00083 * \frac{0,00253^{1,75}}{0,044^{4,74}} * 10,8 * 0,451 = 0,320 \text{ m. c. a.}$$

A continuación se calcula la presión que debe generar la bomba utilizando la siguiente fórmula:

$$\frac{P2}{\gamma} + z2 = \frac{P1}{\gamma} + z1 + hr1$$

$$\frac{P3}{\gamma} + z3 = \frac{P2}{\gamma} + z2 + hr2$$

Siendo $\frac{P1}{\gamma}$ la presión requerida en el último emisor de la línea; 2 m.c.a. $\frac{P2}{\gamma}$ la presión requerida al inicio de la línea porta emisores y $\frac{P3}{\gamma}$ la presión que debe generar la bomba.

La cota de las líneas es de 0,7 m por encima de la bomba.

$$\frac{P2}{\gamma} + 0,7 = 2 + 0,7 + 18,15$$

$$\frac{P2}{\gamma} = 20,15 \text{ m. c. a.}$$

$$\frac{P3}{\gamma} + 0 = 20,15 + 0,7 + 0,320$$

$$\frac{P3}{\gamma} = 21,7 \text{ m. c. a.}$$

El caudal requerido para los tanques de cría es de máximo 17,7 m³/h y el caudal requerido para el riego del semillero es de mínimo 9,12 m³/h.

La altura manométrica requerida para los tanques de cría es de 7,2 m.c.a. y la altura manométrica requerida para el riego del semillero es de 21,7 m.c.a.

Por tanto se debe escoger una bomba con un caudal entre 9,12 m³/h y 17,7 m³/h y con una altura manométrica de mínimo 21,7 m.c.a.

Se escoge una bomba centrífuga diseñada para funcionamiento ininterrumpido:

Modelo SILEN ST 100 80 de ESPA con un caudal de **16,8 m³/h** y una altura manométrica de **23,8 m.c.a.**, u otra de características similares.

El motor de esta bomba tiene una potencia de **10,05 CV (7,5 kW)** monofásica.

La bomba viene con un prefiltro incluido.

Se instalan dos bombas idénticas puestas en paralelo, para que, en el caso de que la principal deje de funcionar, se puede usar la segunda mientras se repara la principal.

BOMBA DE AIRE (SOPLADOR):

Los tanques de cría requieren 15 l/min por cada 200 l; los tanques de la explotación son de 5900 l. Por lo tanto cada tanque requiere un volumen de:

$$\left(\frac{15}{200}\right) * 5900 = 442,5 \text{ l/min}$$

Entre los tres tanques de cría se requiere un total de:

$$442,5 * 3 = 1327,5 \text{ l/min}$$

El tanque de mineralización requiere 60 l/min por cada 1000 l. El tanque es de 1000 l, por tanto requiere 60 l/min.

El biofiltro requiere 128 l/min.

Las camas de cultivo de agua profunda requieren 10 l/min por cada 1,5 m² de cama. Hay seis camas, cada una de 31,2 m².

$$\left(\frac{10}{1,5}\right) * 31,2 = 208 \text{ l/min}$$

Entre las seis camas se requiere un total de:

$$208 * 6 = 1248 \text{ l/min}$$

Se suman todos los volúmenes para obtener el volumen que debe generar la bomba:

$$1327,5 + 60 + 60 + 1248 = 2763,5 \text{ l/min}$$

La bomba de aire debe generar un volumen mínimo de **2763,5 l/min (165,8 m³/h)**

La presión máxima que debe generar la bomba debe ser suficiente para poder impulsar el aire desde el fondo los tanques de cría; 1,2 m.c.a

Se escoge un soplador industrial modelo HG2200C2 de TecnoAqua, o similar.

El soplador viene con un filtro de aire incluido, con malla de 10 micras.

Este soplador en concreto suministra un caudal de **240 m³/h** y genera una **30 kPa**. El motor tiene una potencia de **3 CV (2.2 kW)** monofásica.

Debido a la caída de presión calculada en el dimensionado de las tuberías se instalarán dos sopladores idénticos dispuestos en serie para generar el mismo caudal pero el doble de presión; **60 kPa** y, por tanto, el doble de potencia; **6 CV (4,4 kW)**.

Además, se instalará un soplador más pequeño en paralelo para que, en el caso de que los sopladores principales dejen de funcionar, los peces no se queden sin oxígeno. Se puede usar éste para oxigenar el agua de los peces mientras se reparan los principales,

ya que los peces mueren si desciende el nivel de oxígeno disuelto por debajo de 0,5 mg/l.

Esta bomba debe suministrar un caudal mínimo de 1327.5 l/min; **79,7 m³/h** y **una presión mínima de 9 kPa**. Se escoge un soplador industrial, modelo HG750C2 **120m³/h 18kPa y 1 CV (0,75 kW)** o parecido.



ANEJO N°3: CÁLCULO DE CAUDALES Y VOLÚMENES

AGUA

Caudales:

El agua del tanque de cría debe renovarse cada hora como mínimo. Cada tanque tiene un volumen de $5,9 \text{ m}^3$. Hay tres tanques de cría, por lo que la bomba debe impulsar un máximo de $17,7 \text{ m}^3/\text{h}$ a través de la tubería que conecta los reservorios con los tanques de cría. Con este caudal el agua permanece 30 minutos en los tanques de sedimentación, que es el mínimo para garantizar que sedimenten los sólidos.

La bomba impulsa $16,8 \text{ m}^3/\text{h}$, por lo que éste será el caudal que circula por los tanques de cría, los tanques de sedimentación y el biofiltro.

Con este caudal el agua se renueva cada 1 hora y 3 minutos en los tanques de cría; cada 47 minutos en los tanques de sedimentación.

El caudal de las camas de cultivo con sustrato es de entre 3 y 9 l/min (6 l/min); hay cinco camas de cultivo con sustrato, por lo tanto; 30 l/min, que son $1,8 \text{ m}^3$.

El caudal por las camas de cultivo de agua profunda es de 600 l/h; hay seis camas, por lo tanto; 3600 l/h, que son $3,6 \text{ m}^3/\text{h}$.

Esto da un total de $5,4 \text{ m}^3/\text{h}$. El caudal restante, $11,4 \text{ m}^3/\text{h}$, va a los reservorios y vuelve a recircular por el sistema.

Las camas de semillero reciben el caudal completo que impulsa la bomba, $16,8 \text{ m}^3/\text{h}$ 24 veces al día durante 2 minutos; un total de 48 minutos de riego.

Volúmenes:

Los tanques de cría son de 2,5 m de diámetro y 1,2 m de alto, y hay tres de ellos:

$$\pi * 1,25^2 * 1,2 * 3 = 17,7 \text{ m}^3 \text{ en los tanques de cría}$$

Los tanques de sedimentación son de 2 m de diámetro y 1,2 m de alto y hay dos de ellos:

$$\pi * 1^2 * 1,2 * 2 = 7,5 \text{ m}^3 \text{ en los tanques de sedimentación}$$

El biofiltro tiene un volumen de $1,22 \text{ m}^3$

Las camas de cultivo con sustrato tienen una longitud de 5 m, 1,2 m de ancho y 0,3 m de altura y hay cinco de ellas. El sustrato ocupa $\frac{2}{3}$ del volumen de las camas:

$$1,2 * 5 * 0,3 * 5 * \frac{1}{3} = 3 \text{ m}^3 \text{ en las camas con sustrato}$$

Las camas de cultivo de agua profunda son de 1,2 m de ancho y 0,3 m de profundidad, dos de ellas son de 25 m de largo y cuatro de ellas son de 26 m de largo:

$$1,2 * 0,3 * 25 * 2 + 1,2 * 0,3 * 26 * 4 = 55,44 \text{ m}^3 \text{ en las camas de agua profunda}$$

El tanque de mineralización tiene un volumen de 1 m^3 .

Los reservorios tendrán un mínimo de 11 m^3 .

En total habrá un mínimo de $89,4 \text{ m}^3$ en el sistema.

AIRE

El soplador escogido genera un caudal de $240 \text{ m}^3/\text{h}$. Para que haya una distribución proporcional, se calcularán los porcentajes que representan los caudales mínimos requeridos de la suma de éstos.

El caudal total calculado anteriormente en el dimensionado del soplador es: **$165,8 \text{ m}^3/\text{h}$** .

Entre los tres tanques de cría requieren un caudal mínimo de $79,65 \text{ m}^3/\text{h}$, que representa un 48,04% del total.

El biofiltro requiere un caudal mínimo de $7,68 \text{ m}^3/\text{h}$, que representa un 4,63 % del total.

El tanque de mineralización requiere un caudal mínimo de $3,6 \text{ m}^3/\text{h}$, que representa un 2,17 % del total.

Entre las seis camas de agua profunda requieren un caudal mínimo de $74,88 \text{ m}^3/\text{h}$, que representa un 45,16 % del total.

Sabiendo los porcentajes podemos calcular el caudal real.

A los tanques de cría les llegará un caudal de **115,3 m³/h; 38,43 m³/h cada tanque.**

Al biofiltro le llegará un caudal de **11,12 m³/h**

Al tanque de mineralización le llegará **5,21 m³/h**

A las camas llegarán **108,4 m³/h; 18,07 m³/h cada cama.**

Con estos caudales podemos decidir el tipo y número de difusores para cada elemento. Los tanques de cría y las camas de cultivo requieren difusores de micro burbujas, mientras que el tanque de mineralización requiere una tubería perforada que permite, además de la oxigenación, un buen movimiento de los sólidos. El biofiltro viene con el difusor incluido.

Tanques de crías:

La tubería de aire de los tanques de cría va sujeta en el perímetro superior del tanque con tomas de 9 mm de silicona que van a los difusores. Se pondrán 15 difusores en cada tanque, dispuestos cada 0,5 m a lo largo del perímetro (7,85 m). Cada difusor sopla 2,56 m³/h. Tendremos un total de 45 difusores.

Camas de cultivo de agua profunda:

Para una correcta distribución del aire por las camas, los difusores se disponen cada 1,2 m a lo largo de la cama. Las camas son de 26 m de largo, por lo que habrá 22 difusores por cama, con tomas de 9 mm de PE. Cada difusor deberá soplar 0,8 m³/h. Tendremos un total de 132 difusores.

Tanque de mineralización

El tanque de mineralización no requiere micro burbujas, por lo que se perforará la tubería de aire que entra en el tanque con veinte orificios de 8 mm a lo largo de toda la tubería dentro del tanque.

CÁLCULO DE DOTACIÓN ANUAL DE AGUA DEL POZO

Para poder hacer un cálculo estimado del volumen de agua anual que requiere el sistema consultamos la ETo (evapotranspiración de referencia) de La Romana.

Tabla 3: ETo media anual en La Romana, Alicante

Año	ETo total (mm)
2008	1236,3
2009	1297,4
2010	1145,13
2011	1161,79
2012	1324,61
2013	1288,29
2014	1320,67
2015	1275,93
2016	1257,11
2017	1284,55

(Fuente: Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA))

Calculamos la media de los últimos 10 años: 1259,18 mm

Este valor lo pasaremos a m^3/m^2 : 1,25918 m^3/m^2

La superficie de cultivo es de 378 m^2 y superficie de lámina de agua libre de los tanques y reservorios es de 51,93 m^2 ; un total de 429,93 m^2 .

Calculamos el volumen total anual evapotraspirado:

$$429,93 * 1,25918 = 541,36 m^3 \text{ anuales}$$

Este dato es estimado ya que la evapotranspiración de las camas de cultivo y la de las láminas de agua libre no es igual a las de la ETo.

El primer año habrá que llenar el sistema que requiere 89,4 m³.

ANEJO N°4: DIMENSIONADO DE LAS TUBERÍAS DE AGUA

Para dimensionar las tuberías de agua se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}}$$

Donde:

D: diámetro en metros

Q: caudal en m³/s

V: velocidad en m/s



Ninguna de las tuberías de agua funcionará a presiones elevadas, por tanto todas serán de la mínima presión nominal (PN) disponible: **4 atm de Polietileno (PE) 50A**

Se ha tenido como criterio de dimensionado la velocidad del agua por las tuberías, debiendo ser ésta suficiente para evitar sedimentaciones en las tuberías. La velocidad será de **1,5 m/s**.

→ Tubería reservorio – tanques de cría; tubería tanques de cría – tanque de sedimentación; tubería tanque sedimentación – biofiltro; biofiltro – camas:

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,004667}{\pi * 1,5}} = 0,0629 \text{ m} = 62,9 \text{ mm}$$

Diámetro comercial:

Diámetro nominal (DN): **63 mm**

Diámetro interior (Dint): **58,2 mm**

⇒ Tubería camas con sustrato:

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,0005}{\pi * 1,5}} = 0,0206 \text{ m} = 20,6 \text{ mm}$$

Diámetro comercial:

Diámetro nominal (DN): **20 mm**

Diámetro interior (Dint): **17,8 mm**

⇒ Tubería camas de agua profunda – reservorio:

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,0067}{\pi * 1,5}} = 0,0238 \text{ m} = 23,8 \text{ mm}$$

Diámetro comercial:

Diámetro nominal (DN): **20 mm**

Diámetro interior (Dint): **17,8 mm**

⇒ Reservorios:

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,004917}{\pi * 1,5}} = 0,0646 \text{ m} = 64,6 \text{ mm}$$

Diámetro comercial:

Diámetro nominal (DN): **63 mm**

Diámetro interior (Dint): **58,2 mm**

⇒ Tuberías tanques sedimentación – tanque mineralización; tanque mineralización – reservorio:

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,002}{\pi * 1,5}} = 0,0412 \text{ m} = 41,2 \text{ mm}$$

Diámetro comercial:

Diámetro nominal (DN): **40 mm**

Diámetro interior (Dint): **36 mm**

⇒ Tuberías riego de semillero

El riego del semillero se hará con nebulizadores para garantizar un riego que no dañe o tumbe las plántulas y germinados.

Los nebulizadores van instalados debajo de las camas de cultivo de agua profunda 0,2 m por encima de las bandejas de semillero que se quiere regar.

Se diseñará para conseguir un solape del 100 % entre los nebulizadores.

Se escogen nebulizadores con un radio de humedecimiento de 0,6 m a 0,2 m de altura, de manera que en cada cama de semillero se instalarán una línea porta nebulizadores situadas en el centro de las camas con nebulizadores espaciados 0,6 m en cada línea.

Por tanto tendremos 6 líneas de 23 m de largo con 38 nebulizadores cada línea; un total de 228 nebulizadores.

Los nebulizadores emiten un caudal de 40 l/h con una presión de trabajo de 2 m.c.a, de manera que cada línea transporta un caudal de 1,52 m³/h y la terciaria transporta un caudal de 9,12 m³/h.

A continuación se dimensionan las tuberías:

Cada emisor emite 40 l/h, 38 emisores por línea; 1520 l/h, 0,000422 m³/s

Con este caudal calculamos el diámetro de las líneas porta emisores:

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,000422}{\pi * 1,5}} = 0,019 \text{ m} = 19 \text{ mm}$$

Diámetro comercial:

Diámetro nominal (DN): **20 mm**

Diámetro interior (Dint): **16 mm**

Cada línea porta emisores transporta un caudal de 1520 l/h; hay 6 líneas por tanto la terciaria lleva 9120 l/h; 0,00253 m³/s

Con este caudal calculamos en diámetro de la terciaria:

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,00253}{\pi * 1,5}} = 0,046 \text{ m} = 46 \text{ mm}$$

Diámetro comercial:

Diámetro nominal (DN): **50 mm**

Diámetro interior (Dint): **44 mm**

ANEJO N°5: DIMENSIONADO DE LAS TUBERÍAS DE AIRE

Las tuberías de aire se calculan con la siguiente fórmula:

$$d = \frac{\mu * l * v^2 * \rho}{2 * \Delta p}$$

Donde:

Δp : caída de presión (Pa)

μ : coeficiente de fricción que es 0,02

l : longitud de la tubería (m)

v : velocidad del aire en las tuberías (m/s) que es 30 m/s

ρ : densidad del aire (kg/m³) que es 1,23 kg/m³

d : diámetro de la tubería (m)

El sistema de aireación tiene tres conjuntos de tuberías que llevan un caudal diferente, y por tanto se dimensionarán por separado; tuberías del soplador a los tanques de cría, tuberías del soplador al biofiltro y camas de cultivo y las tuberías de las camas de cultivo.

Se calcularán los diámetros de las tuberías para una caída de presión mínima teniendo en cuenta la caída de presión que presenta la tubería y las singularidades.

Los codos y las T's presentan una caída de presión de una longitud equivalente de 1,5 m cada uno.

Los difusores presentan una caída de presión de **0,2 kPa** cada uno, con una presión de trabajo de 12,2 kPa ya que los difusores que más presión requieren se encuentran a 1,2 m de profundidad en los tanques de cría.

Primero de calculará la caída de presión que presenta el conjunto de difusores, así sabremos si se requiere un segundo soplador dispuesto en serie para generar el doble de presión.

A continuación se calcula la caída de presión máxima que puede presentar cada tubería, teniendo en cuenta que la presión de trabajo de los difusores; y con eso se calcula el diámetro de las tuberías.

Los difusores de los tanques de cría tienen 45 difusores; presentan una caída de presión de:

$$45 * 0,2 = 9 \text{ kPa}$$

Los difusores de las camas de cultivo tienen 132 difusores; presentan una caída de presión de:

$$132 * 0,2 = 26,4 \text{ kPa}$$

Tendremos una caída de presión total de 35,4 kPa por parte de los difusores; esto quiere decir que la instalación requiere **dos sopladores en serie** para generar una presión de **60kPa**. Los difusores requieren una presión de trabajo de 12,2 kPa, por tanto el conjunto de tuberías pueden presentar una caída de presión máxima de:

$$60 - 35,4 - 12,2 = 12,4 \text{ kPa}$$

De estos 12,4 kPa disponibles dedicaremos un tercio a cada sector; 4,13 kPa.

⇒ Tuberías del soplador a los tanques de cría:

- Caudal: 115,3 m³/h
- N° de codos: 2
- N° de T's: 5
- Longitud equivalente: 10,5 m

- Longitud de tubería: 27,7 m
- Longitud total: 38,2 m

$$d = \frac{0,02 * 38,2 * 30^2 * 1,23}{2 * 4133} = 0,1023 \text{ m} \rightarrow 102,3 \text{ mm}$$

Diámetro comercial: DN 125 mm

Dint 111,2 mm

PN 4 atm

⇒ Tuberías del soplador hasta las camas de cultivo:

- Caudal: 108,4 m³/h
- N° de codos: 9
- N° de T's: 4
- Longitud equivalente: 19,5 m
- Longitud de tubería: 26,4 m
- Longitud total: 45,9 m

$$d = \frac{0,02 * 45,9 * 30^2 * 1,23}{2 * 4133} = 0,1229 \text{ m} \rightarrow 122,9 \text{ mm}$$

Diámetro comercial: DN 140 mm

Dint 124,3 mm

PN 4 atm

⇒ Tuberías de las camas de cultivo:

- Caudal: 36,14 m³/h por cada par de camas
- Longitud de tubería: 26 m por cama; 78 m en total

$$d = \frac{0,02 * 26 * 30^2 * 1,23}{2 * 4133} = 0,0696 \text{ m} \rightarrow 69,6 \text{ mm}$$

Diámetro comercial: DN 90 mm

Dint 79,2 mm

PN 4 atm



ANEJO N°6: CÁLCULO DEL ALUMBRADOD DEL SEMILLERO

Para el cultivo de germinados no es necesario una luz de amplio espectro; en la instalación de usarán tubos fluorescentes T4 con un espectro de 6000-6500 K.

Se requieren 1000-1500 microW/cm^2 , que equivale a $12,5\text{W/m}^2$. Cada cama es de $27,6\text{ m}^2$.

$$12.5 * 27.6 = 345 \text{ W}$$

Para una mejor distribución de la luz escogemos tubos de 12 W.

$$\frac{345}{12} = 28,7 \rightarrow 30 \text{ tubos de } 12 \text{ W por cama}$$

Para una mejor distribución de la luz en las camas pondremos los tubos en dos filas dispuestas de manera que los tubos queden al tres bolillo. Los tubos se instalarán de manera transversal debajo de las camas las camas.

De esta manera habrá dos filas con 15 tubos por fila, espaciados 1,5 m entre cada tubo en línea.

En total se requieren 180 tubos fluorescentes T4 de 12 W, que consumen un total de 2,16 kW

ANEJO N°7: MATERIALES

MATERIALES NECESARIOS PARA LA EJECUCIÓN

Camas de cultivo y semillero

- Madera: Para la construcción de las camas de cultivo se requieren tableros de madera 20 mm de grosor para el fondo y los laterales, además de listones de 50x50 mm para las patas, los bordes y las uniones de las planchas del fondo. Los tableros del fondo de las camas de cultivo son de 1,2 m de largo y 0,5 m de ancho y las de los laterales de las camas de cultivo son de 0,5 m de largo y 0,3 m de ancho. Los listones de para las uniones del fondo son de 1,2 m de largo, los de las uniones de los laterales coinciden con las patas por lo que son de 1m de largo. Para las camas de semillero se requieren tableros de 1,2 m de largo y 1m de ancho de 20 mm de grosor para el fondo y listones de 50x50 mm de 1,2 m de largo para las uniones del fondo.

En total se requieren:

- ⇒ 362 tableros de 1,2 m de largo y 0,5 m de ancho para el fondo de las camas de cultivo
- ⇒ 716 tableros de 0,5 m de largo y 0,3 m de ancho para los laterales de las camas de cultivo.
- ⇒ 22 tableros de 1,2 m de largo y 0,3 m de ancho para los laterales finales de las camas de cultivo.
- ⇒ 138 tableros de 1,2 m de largo y 1 m de ancho para el fondo de las camas de semillero.
- ⇒ 716 listones de 1 m de largo para las patas.
- ⇒ 512 listones de 1,2 m de largo para las uniones del fondo de las camas de cultivo y de semillero
- ⇒ 678,8 m lineales de listones para los bordes de las camas de cultivo y semillero.

En total serían:

498.12 m² de tablero de 20 mm de grosor.

2009.2 metros lineales de listón de 50x50 mm

- Forro: El forro debe cubrir todo el interior de las camas de cultivo con un sobrante en todo el perímetro de 30 cm, y las camas de semillero con un sobrante de 20 cm en todo el perímetro

Se requiere un total de **690,72 m² de forro de PVC de calidad alimentaria.**

- Sustrato: El sustrato de las camas de cultivo ocupa 2/3 del volumen de la cama, por tanto se requieren **7,5 m³ de sustrato sin caliza.**

Sifones:

Hay cinco sifones en la instalación, cada sifón requiere:

- ⇒ 25 cm de tubo de DN 63 de PVC
- ⇒ 40,5 cm de tubo de DN 25 de PVC
- ⇒ 26,5 cm de tubo de DN 100 de PVC
- ⇒ 1 reductor de 35mm a 25 mm de PVC
- ⇒ 1 pasamuros de DN 25 de PE
- ⇒ 2 codos de 90° de DN 25 de PVC
- ⇒ 1 tapa con rosca de DN 100 de PVC

Por tanto un total de:

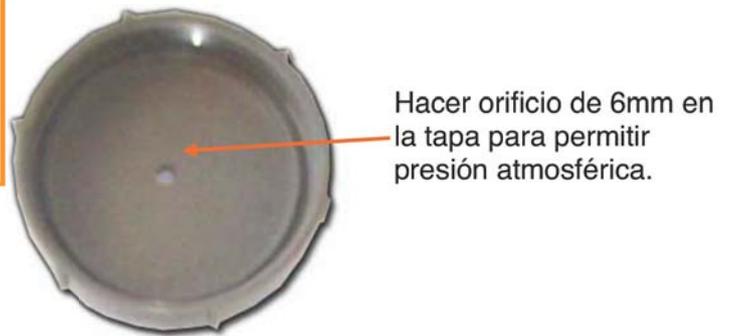
- ⇒ 1,25 m de tubería de DN 63 de PVC

- ⇒ 2,025 m de tubería de DN 25 de PVC
- ⇒ 1.325m de tubería de DN 100 de PVC
- ⇒ 5 reductores de 35 mm a 25 mm de PVC
- ⇒ 5 pasamuros de DN 25 de PE
- ⇒ 10 codos de 90° de DN 25 de PVC
- ⇒ 5 tapas con rosca de DN 100 de PVC



Partes del sifón

Nota:
 Si el sifón no empieza hay que aumentar el caudal.
 Si el sifón comienza a funcionar y no para, hay que reducir el caudal.
 Hacer ajustes pequeños en el caudal hasta que funcione correctamente.



Hacer orificio de 6mm en la tapa para permitir presión atmosférica.

Campana. Tubería de 63mm de PVC. Cortado a 250mm. Tapa sellada con pegamento



Perforaciones de 12mm alrededor de la base.

Reductor de 32mm a 25mm.

Altura total 190mm

Tubo de 25mm cortado a 140mm

Adaptador de rosca.

Pasamuros de 25mm

Codo de 90°



La tubería exterior mantiene el sustrato separado del sifón. Perforar haciendo numerosos orificios de 6mm para permitir un buen flujo del agua.

Tubería de 100mm de diámetro cortado a 265mm de longitud. Se pega la tapa con rosca. La longitud final es de 320mm.

La posición del codo se puede ajustar girándolo para arriba creando resistencia que asistirá al sifón.

Codo de 90°

Tubería de 25mm cortado a 265mm.

Figura 6: Partes del sifón

Tuberías de agua:

Descripción	Material	Longitud (m)	Diámetro (mm) DN Dint	PN (atm)	N° codos	N° T	N° pasamuros	Válvulas
Reservorio - tanques cría	PE 50A	22,4	63 58,2	4	12	2	-	3
Tanques cría - tanques sedimentación	PE 50A	21,7	63 58,2	4	9	6	5	2
Tanques sedimentación - biofiltro	PE 50A	10,4	63 58,2	4	9	1	2	-
Biofiltro - camas y reservorio	PE 50A	22,9	63 58,2	4	13	6	7	6
Camas sustrato	PE 50A	20,4	20 17,8	4	1	4	-	5
Camas agua profunda - reservorio	PE 50A	7,2	20 17,8	4	18	-	6	-
Reservorios	PE 50A	7,2	63 58,2	4	2	8	10	-
Tanques sedimentación - mineralización	PE 50A	10,5	40 36	4	7	1	1	3
Mineralización - reservorio	PE 50A	11	40 36	4	5	-	1	1
Sifón	PVC	1,25	63 59,4	4	-	-	-	-
Sifón	PVC	2,025	25 22,6	4	10	-	5	-

Sifón	PVC	1,325	100 96,4	4	-	-	-	-
Porta emisores riego semillero	PE 50A	136	20 17,8	4	-	-	-	-
Terciaria riego semillero	PE 50A	10,8	50 44	4	8	2	-	-
TOTAL	PE 50A	84,6	63 58,2	4	45	23	19	11
	PE 50A	21,5	40 36	4	11	1	2	4
	PE 50A	163,6	20 16	4	19	4	6	5
	PE 50A	10,8	50 44	4	8	2	-	-
	PVC	1,25	63 59,4	4	-	-	-	-
	PVC	2,025	25 22,6	4	10	-	5	-
	PVC	1,325	100 96,4	4	-	-	-	-

Tuberías de aire:

Descripción	Material	Longitud (m)	Diámetro (mm) DN Dint	PN (atm)	N° codos	N° T	N° pasamuros	Válvulas	Tapas
Soplador – tanques de cría	PE 50A	29,56	125 111,2	4	2	5	-	-	-
Soplador –camas de cultivo, mineralización	PE 50A	26,05	140 124,3	4	8	5	-	2	1
Camas de cultivo	PE 50A	77	90 79,2	4	-	-	-	3	3
Tubo difusores	Silicona	195	9	-	-	-	-	-	-

Nebulizadores

Se requieren 228 nebulizadores de 40 l/h y 2 bar de presión de trabajo.

Programador con electroválvula

Un programador con electroválvula que funciona con una pila de 9 V.

Bombas hidráulicas

La instalación requiere dos bombas de **16,8 m³/h** y una altura manométrica de **23,8 m.c.a. de 7,5 kW**.

Equipo de desinfección UV

Un equipo de desinfección con una luz UV de 0,12 kW

Tanques de cría

Se requieren 3 tanques idénticos de 2,5 m de diámetro y 1,2 m de alto de PE de alta densidad hechos a medida.

Reservorios

5 cubetas de 5 m de largo, 1,2 m de ancho y 0,5 m de alto de PE de alta densidad hechos a medida.

3 cubetas de 3,25 m de largo, 2,4 m de ancho y 0,5 m de alto de PE de alta densidad hechos a medida.

Tanques 1 m³

2 tanques de 1 m³; de 1 m de largo, 1 m de ancho y 1 m de alto.

Tanques de sedimentación

2 tanques idénticos cilindrocónicos, de 2 m de diámetro y 1,2 m de alto de PE de alta densidad hechos a medida.

Biofiltro

Un biofiltro prefabricado de 1,27 m de alto y 1,2 m de diámetro.

Invernaderos

1 invernadero de 30 m de largo, 15 m de ancho y 3,5 m de alto.

1 invernadero 12,5 m de largo, 6,5 m de ancho y 3,5 m de alto.

Ambos invernaderos son de capilla con estructura de tubo de acero galvanizado con cubierta de polietileno de larga duración

Unidad de procesado y envasado de hortalizas

Un edificio prefabricado móvil de 4 m de largo, 3 m de ancho y 2 m de alto que contiene una mesa, una cubeta de lavado, una centrifuga para quitar el agua libre y una mesa de malla con ventiladores encima para secar los productos.

La unidad requiere 2 kW de potencia.

Cámara frigorífica

Una cámara frigorífica móvil de 2 m de largo, 1,4 m de ancho y 2 m de alto con baldas.

La cámara requiere 14,5 kW de potencia.

Difusores

45 difusores de 2,56 m³/h

132 difusores de 0,8 m³/h

Bomba de aire

Para esta instalación usaremos 3 sopladores regenerativos o sopladores de anillo; 2 de ellos de 240 m³/h y 30 kPa de presión y uno de 120m³/h 18kPa.

Instalación de placas solares

La instalación requiere un conjunto de placas fotovoltaicas que generen un potencia de 30,68 kW y un conjunto de baterías capaz abastecer el sistema durante 48 horas.

Jaula flotante para alevines

Una jaula flotante de 2 m³ de volumen.

MATERIALES NECESARIOS PARA LA ACTIVIDAD

Bandejas de poliestireno para las camas de agua profunda:

Las bandejas son de 0,6x0,6 m y 50 mm de grosor; por lo que caben 86 bandejas en las camas de 26 m de largo y 82 en las camas de 25 m de largo. Hay cuatro camas de 26 m y dos de 25 m; por tanto se requieren un mínimo de **508 bandejas; 182.88m²**.

La mitad de las bandejas (254) tendrán una densidad de cultivo de 16 plantas/m², con orificios dispuestos a 0,25x0,25 m y la o mitad tendrán una densidad de 25 plantas/m² con orificios dispuestos a 0,20x0,20 m.

Maceteros de malla:

Debe haber suficientes maceteros para llenar todos los orificios de las bandejas de poliestireno y las 18 bandejas de siembra; se requiere un mínimo de **5516 maceteros**.

Bandejas de siembra y germinados de polietileno:

Las bandejas son de 0,6x0,4 m y 3 cm de profundidad; por lo que caben 56 bandejas debajo de las camas de 26 m y 54 bandejas de bajo de las camas de 25 m. Hay cuatro camas de 26 m y dos de 25 m; por tanto se requieren **668 bandejas**.

Sustrato para micros y semillero:

Para cada bandeja de germinados se usa 0,0048 m³ y se plantan 668 bandejas por semana, por tanto se requiere 3,2 m³ de sustrato por semana; **12,8 m³ de sustrato al mes**.

Material vegetal (semillas):

Se plantan 3436 lechugas al mes, por lo que se requieren un mínimo de **3436 semillas de lechuga al mes**.

Los germinados requieren 20 gramos de semilla por bandeja para semillas pequeñas como brasicáceas y 200 gramos por bandeja para semillas grandes como girasol y guisante en cultivo de “microgreens”; estimamos una media de 110 gramos de semilla por bandeja. Se siembran 668 bandejas por semana; se requiere una media de 73,5 kg de semilla la semana; **294 kg de semilla al mes**.

Peces:

Se adquieren dos lotes de 370 peces al año; es decir **740 peces al año**.

Alimento peces:

Los peces comen una media de 26,7 kg de pienso al día en el periodo de mayor actividad y cuando tanque están llenos. Es decir, se requiere **800 kg de pienso al mes; 9600 kg de pienso al año**.

Aditivos:

Periódicamente se requieren los siguientes aditivos: carbonato cálcico (CaCO_3), hidróxido de calcio (Ca(OH)_2), bicarbonato potásico (KHCO_3), carbonato de magnesio (MgOH_3) o hidróxido de potasio (KOH) para subir el pH del sistema, además de quelatos de hierro y extracto de algas.

Medidor de pH, temperatura y conductividad eléctrica:

Medidor portátil de pH, temperatura y conductividad eléctrica

Medidor de oxígeno disuelto:

Medidor portátil de oxígeno disuelto

Kit de análisis de nitrógeno:

Kit de agua dulce de análisis de nitrógeno.

Tubos fluorescentes:

Tienen una vida útil de 8000 h, se usan 12 horas al día; por lo que se requieren **180 tubos fluorescentes T4 de 12 W cada 22 meses.**

ANEJO N°8: CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Bomba aire: 4,4 kW (24 h/día)

Bomba hidráulica: 7,5 kW (24 h/día)

Alumbrado semillero: 2,16 kW (12 h/día)

Equipo de desinfección UV: 0,12 kW (24 h/día)

Unidad de procesado: 2 kW (2 h/día)

Cámara frigorífica: 14,5 kW (24 h/día)

POTENCIA TOTAL MÁXIMA REQUERIDA:

30,68 kW



ANEJO N°9: JUSTIFICACIÓN URBANÍSTICA

La instalación se sitúa en una finca en el Término Municipal de La Romana, Alicante. En el Barrio de Los Canicios 18, polígono 28, parcela 19.

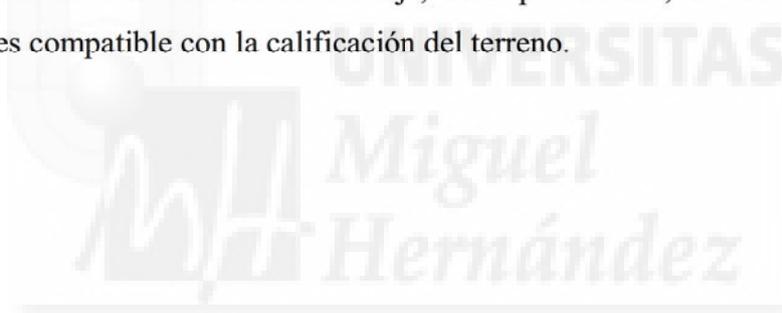
La instalación se ubicará en la subparcela “d”

El detalle de la situación y emplazamiento se pueden consultar en el plano 1.

La finca está calificada como “Suelo No Urbanizable de Protección Natural”, “Pinada Levante”.

Según las “Normas Subsidiarias de la “Pinada Levante”, descritas en el apartado 1 del Artículo 130: “Estos suelos sólo podrán ser destinados a usos agropecuarios y forestales sin que se permita en ellos la edificación.”

Como se trata de una instalación no fija, sino provisional, no se considera una edificación, es compatible con la calificación del terreno.



ANEJO N°10: COSTE DE ACTIVIDAD

Incluye insumos, mano de obra de acuerdo con el convenio de agricultura de la Comunidad Valenciana, gastos de seguridad social, estimación de coste de mantenimiento y reparaciones de la instalación, estimación de costes de distribución y transporte de productos así como marketing, ventas y costes indirectos.

Se estima que se requieren 2 personas 8 horas al día 5 días a la semana para realizar las tareas diarias de la instalación; 320 horas a mes; 3840 horas al año; a 8 €/hora. Además de un gerente/encargado que trabaja 8 horas al día 5 días a la semana; 160 horas al mes, 1920 horas al año a 12 €/hora.

Presupuesto actividad					
Descripción	Precio unitario (€)	Unidad	Cantidad	Unidad	Total
			Mensual		(€/mes)
			Anual		(€/año)
MATERIALES					
Fibra de coco para semillero	12,50	m ³	12,80	m ³ /mes	160,00
			153,60	m ³ /año	1.920,00
Semillas lechuga	0,03	semilla.	3.426,00	sem/mes	110,52
			41.232,00	sem/año	1.330,14
Semillas germinados	5,70	kg	294,00	kg/mes	1.675,80
			3.528,00	kg/año	20.109,60
Peces; Carpa común (<i>Cyprinus carpio</i>)	2,00	pez	740,00	peces/año	1.480,00
Pienso para peces	0,50	kg	800,00	kg/mes	400,00
			9.600,00	kg/año	4.800,00
Aditivos	20,00	litro	2,00	litros/mes	40,00
			24,00	litros/año	480,00
Subtotal insumos mensual					2.386,32
Subtotal insumos anual					30.119,74
MANO DE OBRA					
Salario	8,00	hora	320,00	horas/mes	2.560,00

operarios			3.840,00	horas/año	30.720,00
Salario gerente	12,00	hora	160,00	horas/mes	1.920,00
			1.920,00	horas/año	23.040,00
Seguridad Social	0,35	%	-	-	896,00
			-	-	18.816,00
Subtotal MDB mensual					5.376,00
Subtotal MDB anual					72.576,00
OTROS COSTES (anuales)					
Costes indirectos: contabilidad, gestoría, teléfono, etc.	15 % de los costes de operación				11.948,36
Mantenimiento y reparaciones	5 % de los costes de materiales				3.281,46
Distribución y transporte	5 % de los ingresos				11.783,70
Marketing y ventas	5 % de los ingresos				11.783,70
Subtotal Otros costes					38.797,23

Total costes de operación al mes (€/mes)	9.075,42
Total costes de operación al año (€/año)	118.452,97

ANEJO N°11: ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO

INGRESOS MENSUALES Y ANUALES

Al igual que para los cálculos anteriores, aquí se hará referencia a la lechuga aunque luego en la práctica se produzcan otros cultivos. La lechuga se vende por menos dinero que otros cultivos como el perejil, el cilantro etc. de manera que si es rentable con lechuga, también lo será con otros cultivos.

La instalación vende tres productos diferentes; lechugas, germinados o microgreens y peces.

Ingresos			
Producto	Producción Mensual Anual	Precio de venta	Ingreso total Mensual Anual
Lechuga	3436 lechugas	1 €/lechuga	3.436,00 €/mes
	41232 lechugas		41.232,00 €/año
Germinados/ microgreens	1774 kg	9 €/kg	15.966,00 €/mes
	21290 kg		191.610,00 €/año
Peces	29,5 kg	8 €/kg	236,00 €/mes
	354 kg		2.832,00 €/año

TOTAL	19.638,00 €/mes
	23.5674,00 €/año

ANÁLISIS: TIR, VAN Y FLUJO DE CAJA

Para la evaluación de la viabilidad económica-financiera de la instalación acuapónica se ha calculado el flujo de caja de los primeros 10 años. Se han hecho los cálculos teniendo en cuenta que se pedirá un préstamo que cubra la inversión de la instalación del sistema, la actividad productiva y las pérdidas de los primeros años.

Préstamo	
Inversión inicial	
Otros	10.541,81
Invernaderos	12.880,00
Inst. Eléctrica	214.017,63
Carpintería	8.915,82
Fontanería	20.277,15
PEM	266.632,41
6% Beneficio Empresarial	15997,94431
13%Gastos Generales	34.662,21
Presupuesto contrata	317.292,56
21% IVA	66.631,44
Presupuesto TOTAL	383.924,00
Pérdidas año 1	39.000,00
Préstamo requerido:	422.924,00

(6% p.a.; pagar a lo largo de 10 años)

En la tabla de flujo de caja, se ha estimado que el primer año los ingresos serán un 50 % menos que los años posteriores y los costes de operación o actividad serán un 75 % menos debido a que la duración de la instalación del sistema es de aproximadamente 3 meses, un 25 % del año.

En la tabla se puede observar que se alcanza el punto de equilibrio a finales del año 4. Además se puede observar que es posible devolver el préstamo antes de los 10 años acordados; en el año 9.

Para calcular el TIR y el VAN que esta representado en una tabla en la página siguiente página, se ha utilizado como coste de capital un 6 %. En la tabla vemos que el valor del TIR y el VAN son de 3,4 % y 56.238 respectivamente.

El valor del TIR, 3,4 %, nos indica que cada año recuperamos un 3,4 % de la inversión inicial. El valor del VAN nos indica que el valor del proyecto a día de hoy es de 56.238€. Con estos valores podemos concluir que se trata de una inversión rentable.



Flujo de Caja

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
INGRESOS ESTIMADOS	117.837	235.674								
Costes de operación										
Insumos	31.551	42.068	42.068	42.068	42.068	42.068	42.068	42.068	42.068	42.068
Empleados	54.432	72.576	72.576	72.576	72.576	72.576	72.576	72.576	72.576	72.576
Distribución y transporte	5.892	11.784	11.784	11.784	11.784	11.784	11.784	11.784	11.784	11.784
Mantenimiento y reparaciones	5.551	11.101	11.101	11.101	11.101	11.101	11.101	11.101	11.101	11.101
Contabilidad y Marketing	5.892	11.784	11.784	11.784	11.784	11.784	11.784	11.784	11.784	11.784
BENEFICIOS	14.519	86.361								
Interés (6%)	21.088	19.445	17.710	15.792	13.826	11.762	9.621	7.321	4.931	2.422
BASE IMPONIBLE	-6.569	66.916	68.651	70.569	72.535	74.599	76.740	79.040	81.430	83.939
Tasa	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
Impuesto	-1.642	16.729	17.163	17.642	18.134	18.650	19.185	19.760	20.357	20.985
INGRESO NETO	-4.927	50.187	51.488	52.927	54.401	55.949	57.555	59.280	61.072	62.954
Cuota	34.020	35.663	37.398	39.316	41.282	43.346	45.487	47.788	50.177	48.448
FLUJO DE CAJA DESPUES DE IMPUESTOS	-	14.524	14.090	13.611	13.119	12.603	12.068	11.493	10.895	14.506
Obligación tributaria	-1.642	16.729	17.163	17.642	18.134	18.650	19.185	19.760	20.357	20.985
Beneficios acumulados	-38.947	-24.423	-10.333	3.278	16.397	29.000	41.068	52.561	63.456	77.962
Préstamo restante (fin del año)	388.904	353.241	315.843	276.527	235.245	191.899	146.412	98.625	48.448	0

Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR)

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Año 1										
Año 2										
Año 3										
Año 4										
Año 5										
Año 6										
Año 7										
Año 8										
Año 9										
Año 10										
Flujo de caja	(4.927)	50.187	51.488	52.927	54.401	55.949	57.555	59.280	61.072	62.954
Inversión inicial	(422.924)									
Total	(427.851)	50.187	51.488	52.927	54.401	55.949	57.555	59.280	61.072	62.954

TIR **3,4%**

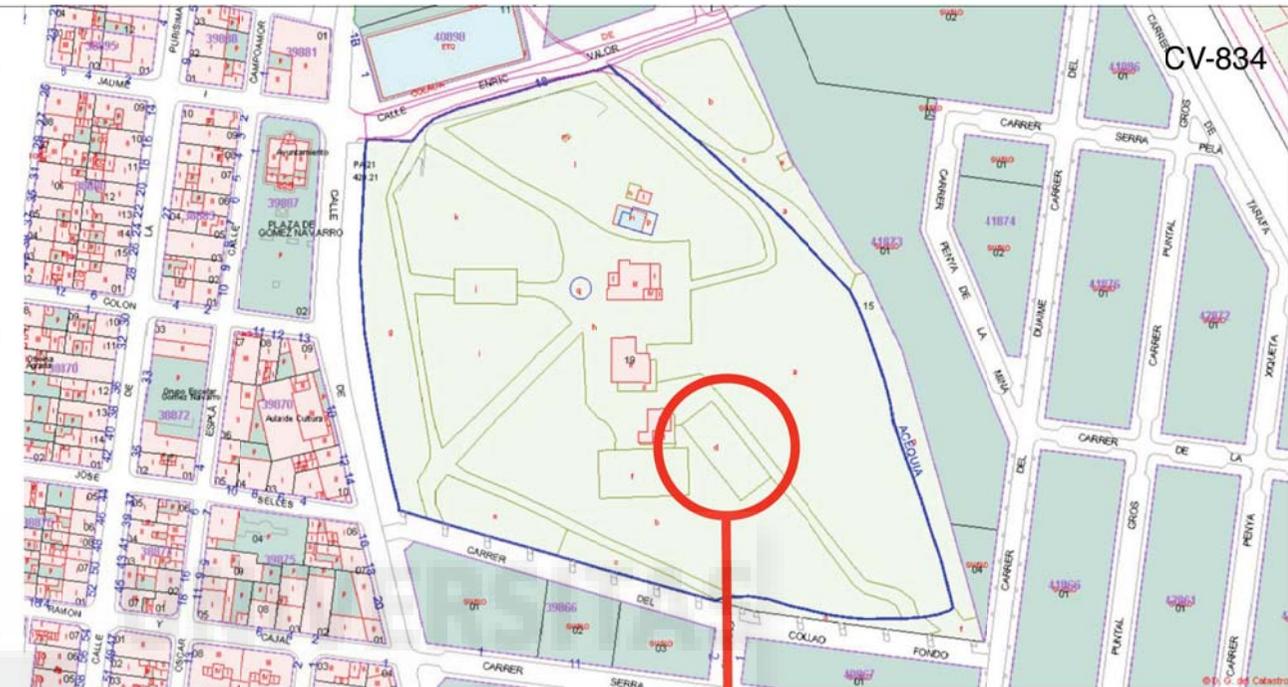
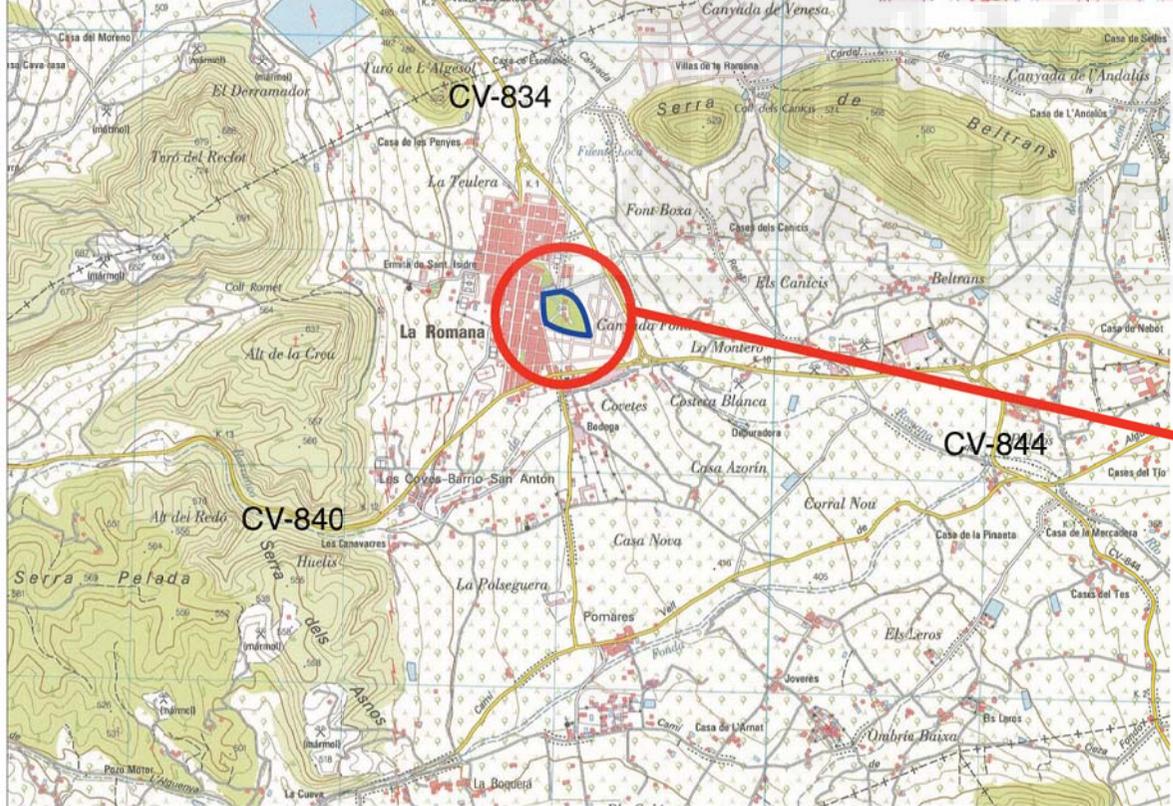
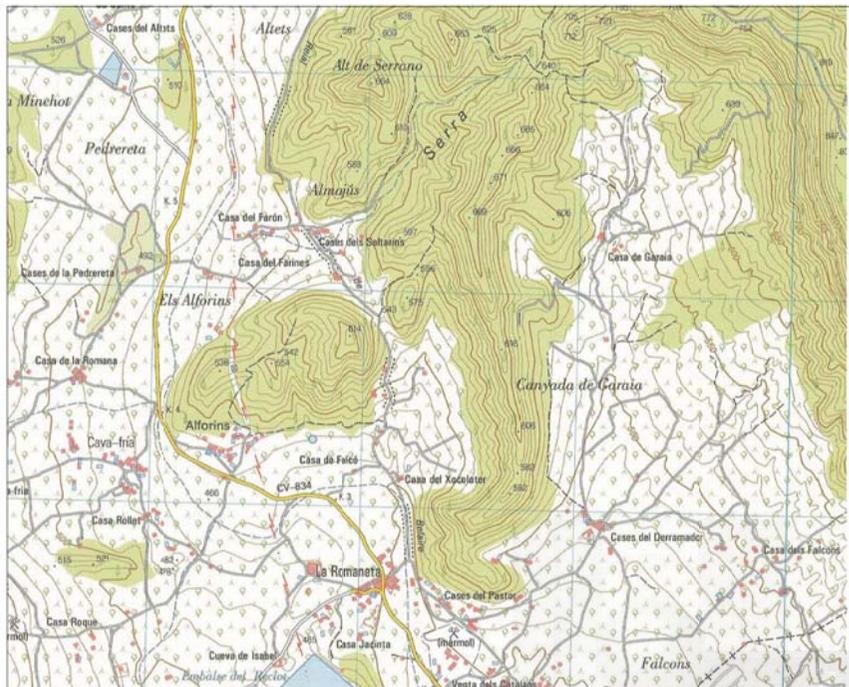
VA factor	100%	94%	88%	83%	78%	73%	69%	65%	61%	57%
VA (año)	(427.851)	47.176	45.495	43.960	42.474	41.061	39.705	38.442	37.228	36.072
VAN										(56.238)

DOCUMENTO N°2: PLANOS



LISTA DE PLANOS

- Plano 01: PLANO DE EMPLAZAMIENTO Y SITUACIÓN.
- Plano 02: DIAGRAMA DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN.
- Plano 03: PLANTA Y ALZADO DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN.
- Plano 04: PLANTA Y ALZADO DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN. COTAS.
- Plano 05: PLANTA Y ALZADO DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN. TUBERÍAS DE AGUA. COTAS.
- Plano 06: PLANTA Y ALZADO DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN. SISTEMA DE AIREACIÓN.
- Plano 07: DETALLE TANQUE DE SEDIMENTACIÓN Y TANQUE DE MINERALIZACIÓN.



PLANO DE EMPLAZAMIENTO
E 1/2.000

EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACION

CV-840

CV-844

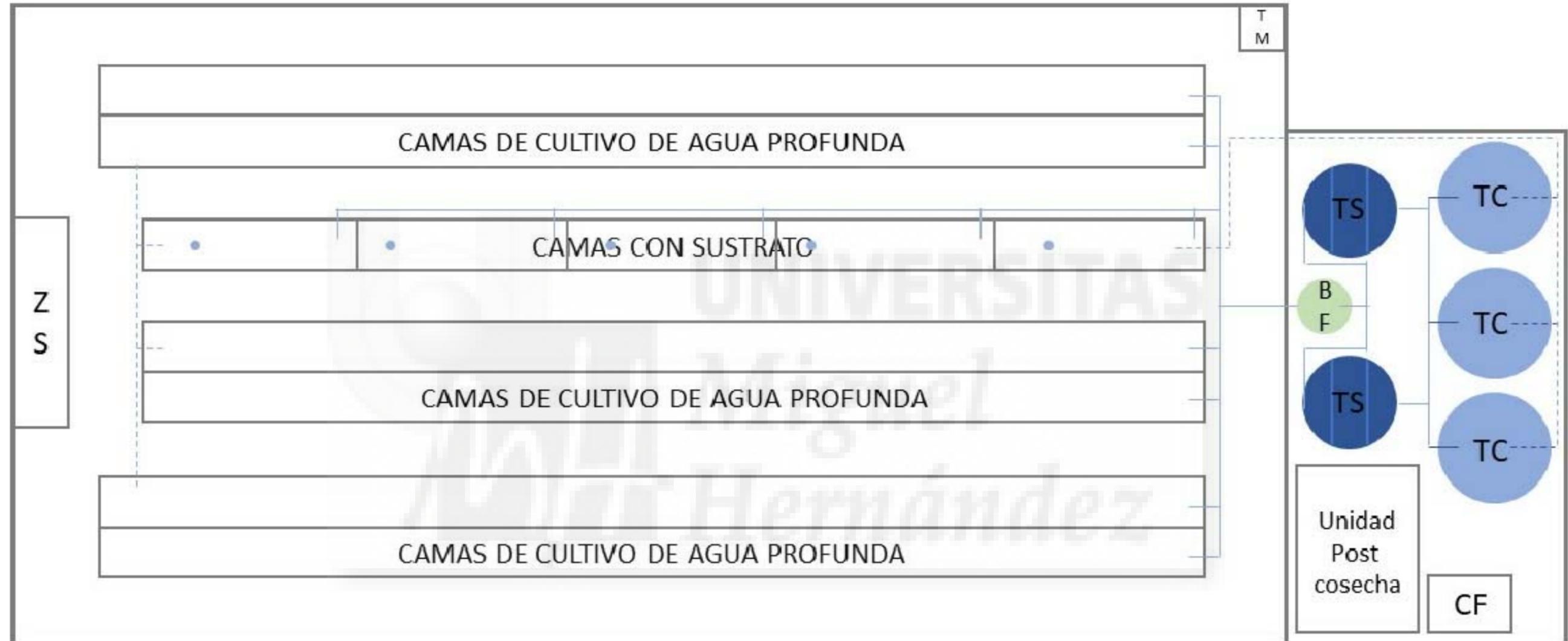
SITUACION DE LA INSTALACION

PLANO DE SITUACION.
E 1/25.000

ANTE PROYECTO DE UNA INSTALACION COMERCIAL DE
ACUAPONIA DE PEQUEÑA ESCALA

PLANO	PLANO DE EMPLAZAMIENTO Y SITUACION.	Nº PLANO	01
ESCALA	1/25.000 Y 1/2.000	ALUMNO	KAROLINE QUADE GONZÁLEZ.
FECHA	JUNIO 2018		

DIAGRAMA DE LA INSTALACIÓN



- - - - -> Tubería de retorno
 ———> Tubería de ida
 • Sifón

TC – Tanque de cría
 TS - Tanque de sedimentación
 CF – Cámara Frigorífica

BF – Biofiltro
 TM – Tanque de mineralización
 ZS – Zona de siembra

ANTEPROYECTO DE UNA INSTALACIÓN COMERCIAL DE ACUAPONÍA DE PEQUEÑA ESCALA

PLANO DIAGRAMA DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN.

Nº PLANO

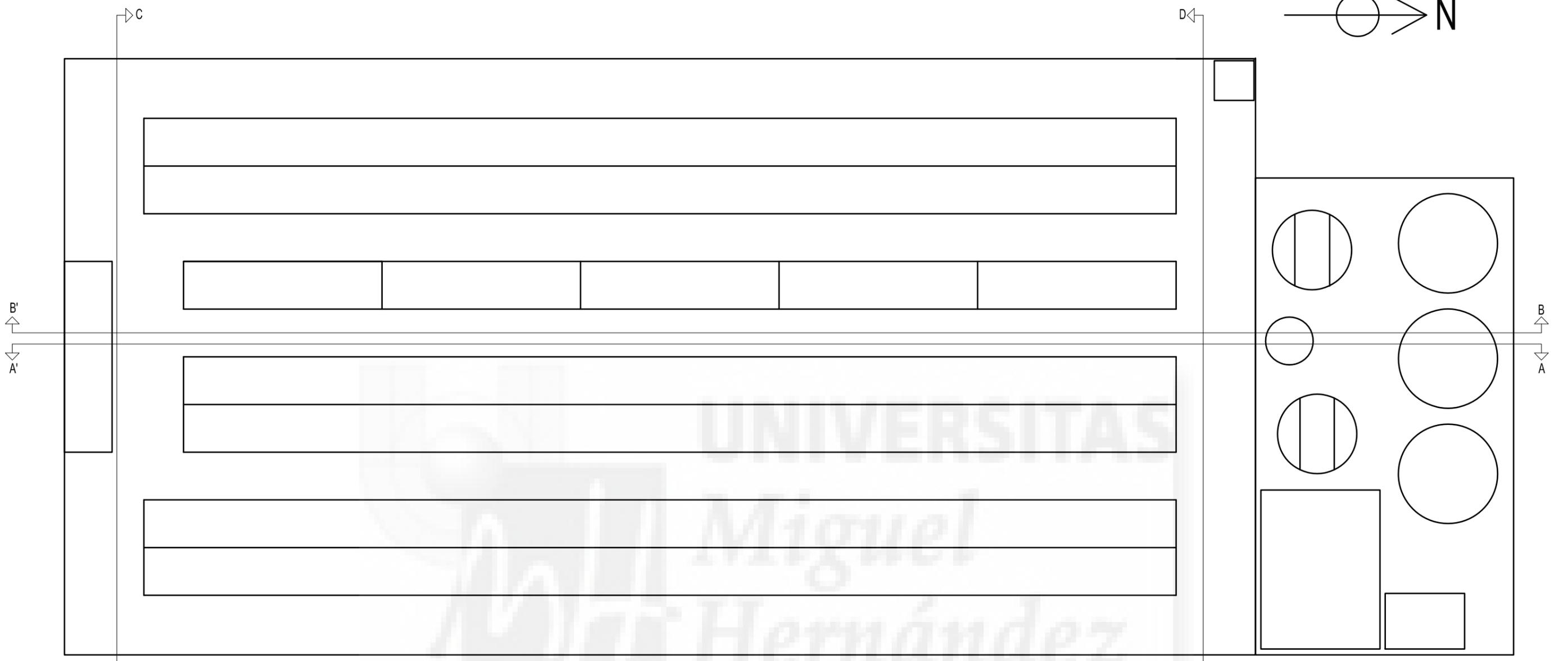
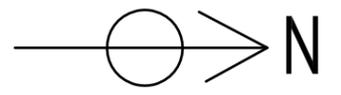
02

ESCALA SIN ESCALA

ALUMNO

FECHA JULIO 2018

KAROLINE QUADE GONZÁLEZ.



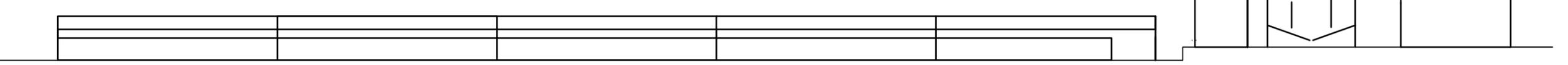
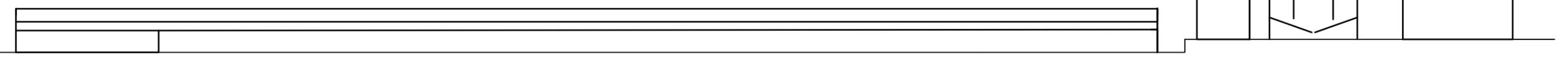
PLANTA

ALZADO AA'

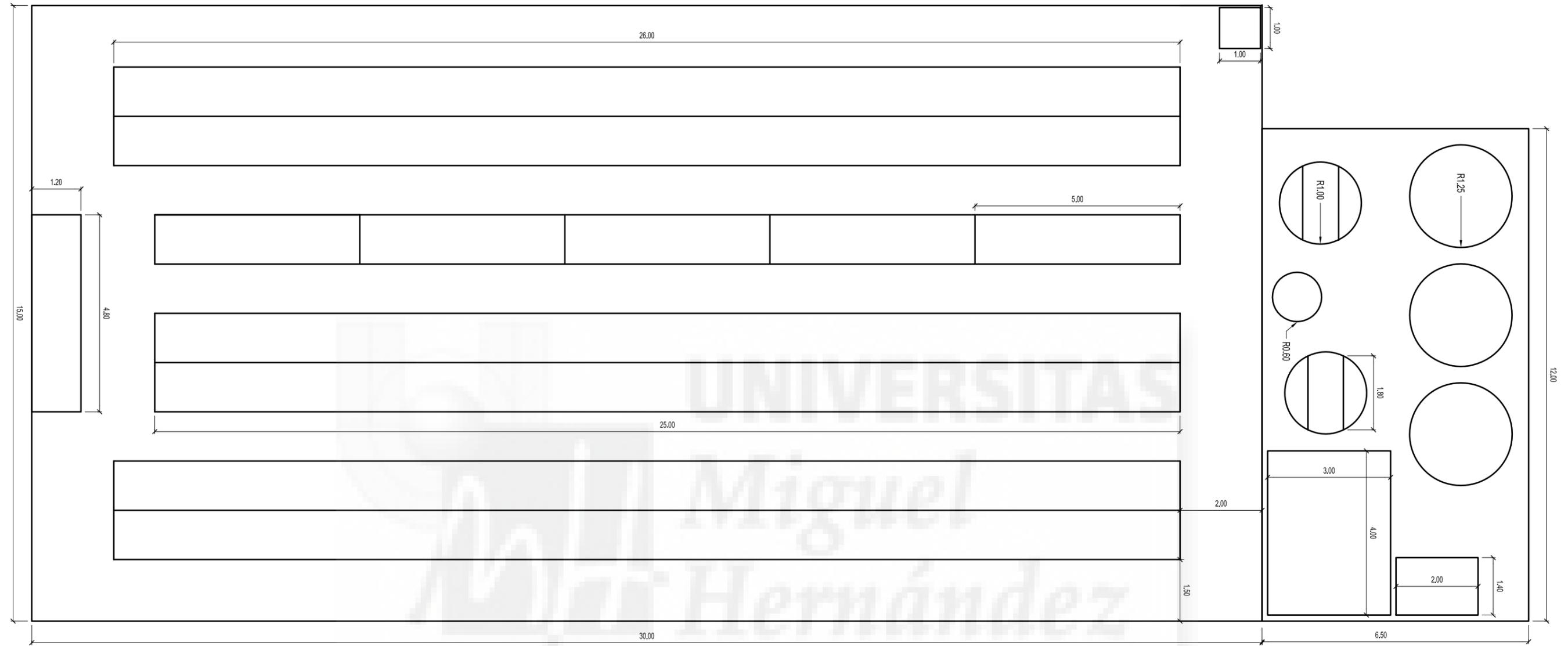
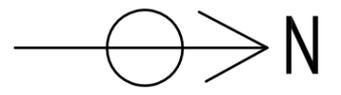
ALZADO BB'

ALZADO CC'

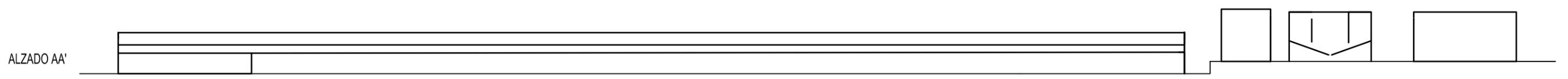
ALZADO DD'



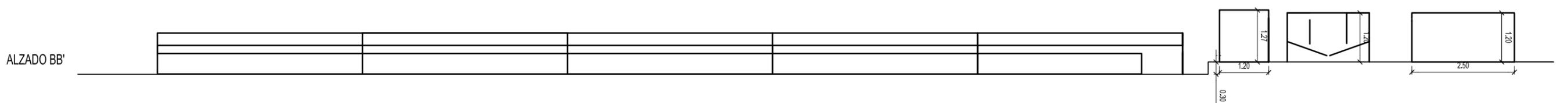
ANTEPROYECTO DE UNA INSTALACIÓN COMERCIAL DE ACUAPONÍA DE PEQUEÑA ESCALA		
PLANO	PLANTA Y ALZADO DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN.	Nº PLANO 03
ESCALA	1/100	ALUMNO
FECHA	JULIO 2018	KAROLINE QUADE GONZÁLEZ.



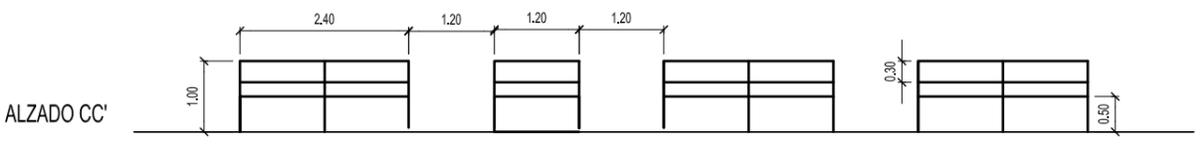
PLANTA



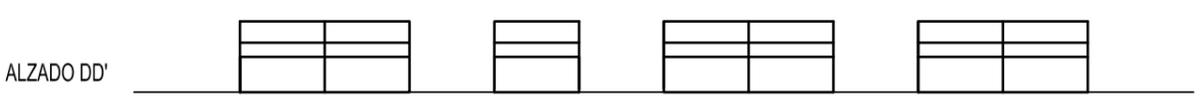
ALZADO AA'



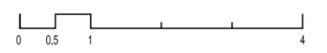
ALZADO BB'



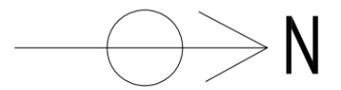
ALZADO CC'



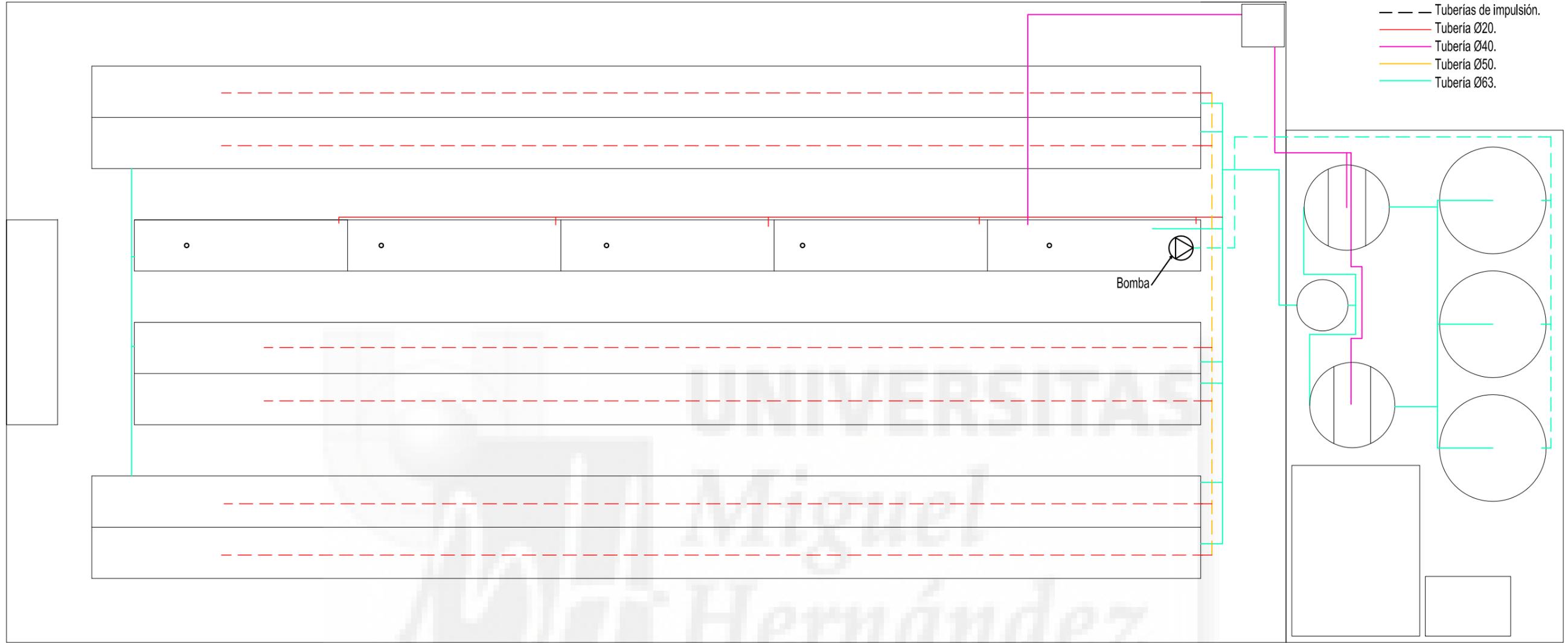
ALZADO DD'



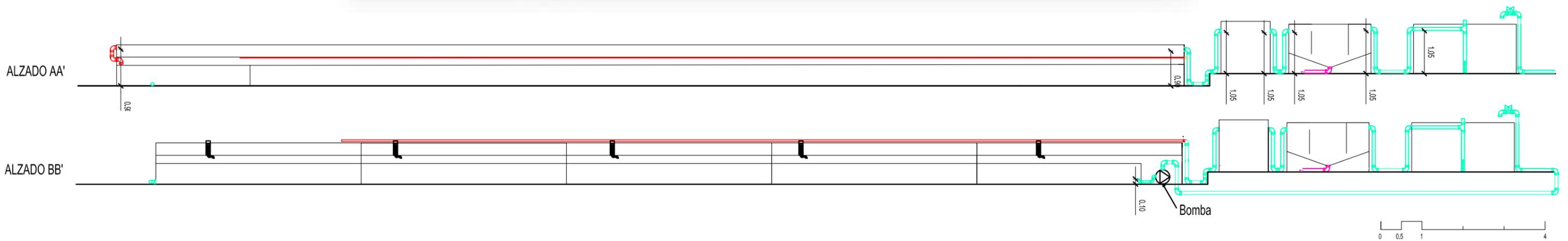
ANTEPROYECTO DE UNA INSTALACIÓN COMERCIAL DE ACUAPONÍA DE PEQUEÑA ESCALA		
PLANO	PLANTA Y ALZADO DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN. COTAS.	Nº PLANO 04
ESCALA	1/100	ALUMNO
FECHA	JULIO 2018	KAROLINE QUADE GONZÁLEZ.



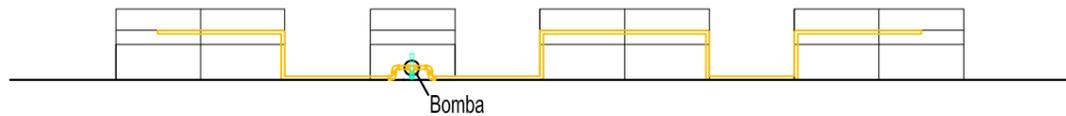
- Tuberías de impulsión.
- Tubería Ø20.
- Tubería Ø40.
- Tubería Ø50.
- Tubería Ø63.



PLANTA



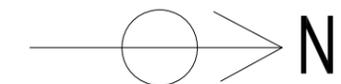
ALZADO CC'



ALZADO DD'



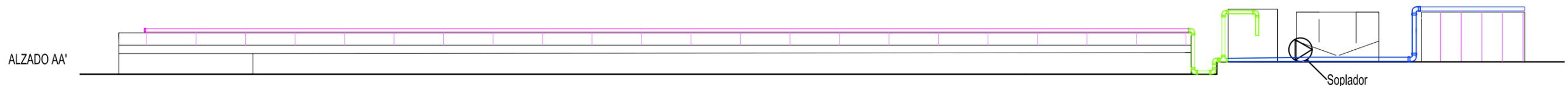
ANTEPROYECTO DE UNA INSTALACIÓN COMERCIAL DE ACUAPONÍA DE PEQUEÑA ESCALA		
PLANO	PLANTA Y ALZADO DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN. TUBERÍAS DE AGUA. COTAS.	Nº PLANO 05
ESCALA	1/100	ALUMNO
FECHA	JULIO 2018	KAROLINE QUADE GONZÁLEZ.



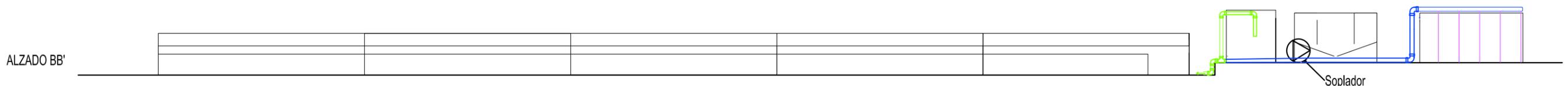
- Tubería Ø9.
- Tubería Ø90.
- Tubería Ø125.
- Tubería Ø140.



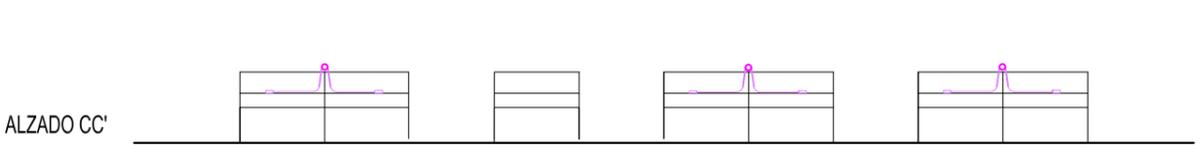
PLANTA



ALZADO AA'



ALZADO BB'

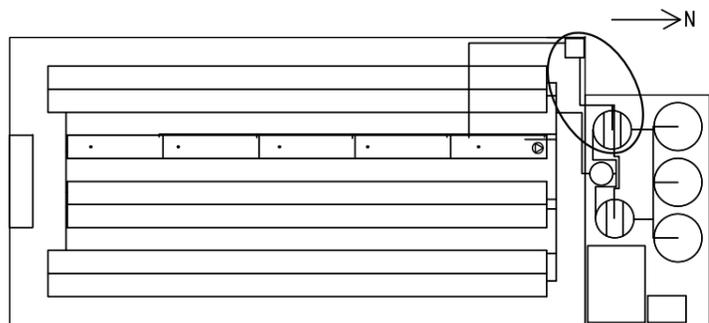
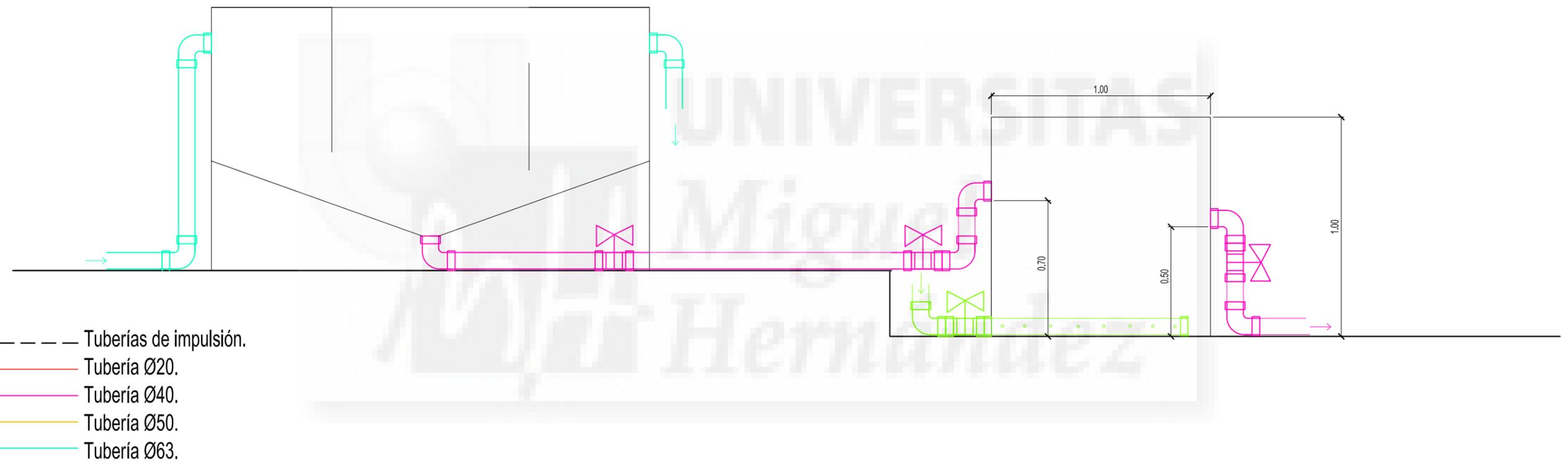


ALZADO CC'



ALZADO DD'

ANTEPROYECTO DE UNA INSTALACIÓN COMERCIAL DE ACUAPONÍA DE PEQUEÑA ESCALA		
PLANO	PLANTA Y ALZADOS DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN. SISTEMA DE AIREACIÓN.	Nº PLANO 06
ESCALA	1/100	ALUMNO
FECHA	JULIO 2018	KAROLINE QUADE GONZÁLEZ.



ANTEPROYECTO DE UNA INSTALACIÓN COMERCIAL DE ACUAPONÍA DE PEQUEÑA ESCALA		
PLANO	TANQUE DE SEDIMENTACIÓN Y TANQUE MINERAL.	Nº PLANO 07
ESCALA	1/20	ALUMNO KAROLINE QUADE GONZÁLEZ.
FECHA	JULIO 2018	

DOCUMENTO N°3: MEDICIONES Y PRESUPUESTO



MEDICIONES

CAPÍTULO N° 1: FONTANERÍA

Mediciones CAPÍTULO N° 1: Fontanería		
Descripción	Cantidad	Unidad
MATERIALES		
Tanque cría 2.5m diámetro, 1,2m altura	3	ud.
Tanque sedimentación	2	ud.
Biofiltro	1	ud.
Reservorios 1,2x5x0,5m	5	ud.
Reservorios 3,25x2,4x0,5m	3	ud.
Tanques 1 m ³ 1x1x1m	2	ud.
Equipo de desinfección UV	1	ud.
Electroválvula con programador	1	ud.
Forro PVC de 0,5mm de calidad alimentaria	690,72	m ²
Tubería PVC DN63	1,25	m lineal
Tubería PVC DN100	1,325	m lineal
Tubería PVC DN25	2,025	m lineal
Tubería PE DN63 PN4	84,6	m lineal
Tubería PE DN40 PN4	21,5	m lineal
Tubería PE DN20 PN4	163,6	m lineal
Tubería PE DN50 PN4	10,8	m lineal
Codos 90° DN63	45	ud.
Codos 90° DN40	11	ud.
Codos 90° DN20	19	ud.
Codo 90° DN50	8	ud.
T DN63	23	ud.
T DN40	1	ud.
T DN20	4	ud.
T DN50	2	ud.
Válvula bola DN63	11	ud.
Válvula bola DN40	4	ud.
Válvula bola DN20	5	ud.
Pasamuros DN63	24	ud.
Pasamuros DN40	2	ud.
Pasamuros DN20	6	ud.
Tubería PE DN100	29,56	m lineal
Tubería PE DN140	26,05	m lineal
Tubería PE DN90	77	m lineal
Tubería silicona 9mm	195	m lineal
Difusores 2.56 m ³ /h	45	ud.
Difusores 0.8 m ³ /h	132	ud.

Nebulizadores 40l/h	228	ud.
---------------------	-----	-----

CAPÍTULO N°2: CARPINTERÍA

Mediciones CAPÍTULO N°2: Carpintería		
Descripción	Cantidad	Unidad
MATERIALES		
Tablero OBS3 20mm	498,12	m2
Listones 50X50mm	2009,2	m lineal

CAPÍTULO N°3: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Mediciones CAPÍTULO N°3: Instalación eléctrica		
Descripción	Cantidad	Unidad
MATERIALES		
Bomba hidráulica 16.8m3/h, 23.8m.c.a, 7.5kW	2	ud.
Soplador 240m3/h 30kPa	2	ud.
Soplador 120m3/h 18kPa	1	ud.
Instalación de placas solares (placas y baterías)	-	-
Tubo fluorescente T4 12W con soporte	180	ud.
Inst. eléctrica (cableado, cuadros, etc.)	-	-
Unidad de post-cosecha	1	ud.
Cámara frigorífica	1	ud.

CAPÍTULO N°4: INSTALACIÓN DE INVERNADEROS

Mediciones CAPÍTULO N°4: Invernaderos		
Descripción	Cantidad	Unidad
MATERIALES		
Invernadero 30x15 m	1	ud.
Invernadero 12x6,50 m	1	ud.

CAPÍTULO N°5: OTROS

Mediciones CAPÍTULO N°5: Otros		
Descripción	Cantidad	Unidad
MATERIALES		
Jaula alevines	1	ud.
Comedero automático con tolva 10kg	6	ud.
Comedero automático con tolva 5kg	2	ud.
Bandejas poliestireno de 50mm de grosor	182,88	m ²
Maceteros de malla de Ø50mm	5516	ud.
Bandejas de semillero 60x40cm	668	ud.
Medidor pH, CE y temperatura	1	ud.
Medidor de oxígeno disuelto	1	ud.

PRESUPUESTOS PARCIALES

Para la instalación del sistema se contratarán empresas especializadas: una en instalaciones de riego para la instalación de los forros y las tuberías, una especializada en carpintería para la instalación de las camas de cultivo, una especializada en instalación de placas solares y la instalación eléctrica y una especializada en la instalación de los invernaderos.

A la suma de los totales de los capítulos siguientes se les aplicará un 15% adicional que comprende gastos imprevistos, portes de los materiales, licencias, gestiones, alquiler de maquinaria, etc.

A continuación se estima el presupuesto de cada actividad:

CAPÍTULO N° 1: FONTANERÍA

Incluye instalación de tuberías, tanques, filtros, electroválvulas, riego.

Presupuesto Instalación CAPÍTULO N°1: Fontanería				
Descripción	Precio unitario (€)	Unidad	Cantidad	Total (€)
MATERIALES				
Tanque cría 2.5m diámetro, 1,2m altura	180,00	ud.	3	540,00
Tanque sedimentación	377,09	ud.	2	754,18
Biofiltro	3.180,00	ud.	1	3.180,00
Reservorios 1,2x5x0,5m	127,90	ud.	5	639,50
Reservorios 3,25x2,4x0,5m	357,00	ud.	3	1.071,00
Tanques 1 m ³ 1x1x1m	60,00	ud.	2	120,00
Equipo de desinfección UV	699,95	ud.	1	699,95
Electroválvula con programador	89,95	ud.	1	89,95
Forro PVC de 0,5mm de calidad alimentaria	5,03	m ²	690,72	3.474,32
Tubería PVC DN63	2,30	m lineal	1,25	2,88
Tubería PVC DN100	3,50	m lineal	1,325	4,64
Tubería PVC DN25	1,20	m lineal	2,025	2,43
Tubería PE DN63 PN4	3,05	m lineal	84,6	258,03
Tubería PE DN40 PN4	1,32	m lineal	21,5	28,38
Tubería PE DN20 PN4	0,69	m lineal	163,6	112,88
Tubería PE DN50 PN4	2,20	m lineal	10,8	23,76

Codos 90° DN63	7,20	ud.	45	324,00
Codos 90° DN40	3,03	ud.	11	33,33
Codos 90° DN20	1,39	ud.	19	26,41
Codo 90° DN50	4,05	ud.	8	32,40
T DN63	10,16	ud.	23	233,68
T DN40	3,62	ud.	1	3,62
T DN20	1,69	ud.	4	6,76
T DN50	8,20	ud.	2	16,40
Válvula bola DN63	28,74	ud.	11	316,14
Válvula bola DN40	19,97	ud.	4	79,88
Válvula bola DN20	16,03	ud.	5	80,15
Pasamuros DN63	12,80	ud.	24	307,20
Pasamuros DN40	6,75	ud.	2	13,50
Pasamuros DN20	3,05	ud.	6	18,30
Tubería PE DN100	2,99	m lineal	29,56	88,38
Tubería PE DN140	3,40	m lineal	26,05	88,57
Tubería PE DN90	2,59	m lineal	77	199,43
Tubería silicona 9mm	0,30	m lineal	195	58,50
Difusores 2.56 m ³ /h	8,39	ud.	45	377,55
Difusores 0.8 m ³ /h	4,49	ud.	132	592,68
Nebulizadores 40l/h	2,34	ud.	228	533,52
Subtotal materiales				14.432,30
MANO DE OBRA				
Instalación de tuberías	25,00	horas	128	3.200,00

SUBTOTAL	17.632,30
TOTAL	20.277,15

CAPÍTULO N°2: CARPINTERÍA

Incluye la construcción de las camas de cultivo.

El cuadro de “Otros” incluye tornillos, escuadras, etc.

Presupuesto Instalación CAPÍTULO N°2: Carpintería				
Descripción	Precio unitario (€)	Unidad	Cantidad	Total (€)
MATERIALES				
Tablero OBS3 20mm	5,40	m ²	498,12	2.689,85
Listones 50X50mm	0,33	m lineal	2009,2	663,04
Otros	-	-	-	2.000,00
Subtotal materiales				5.352,88
MANO DE OBRA				
Carpintería	25,00	horas	96	2.400,00

SUBTOTAL	7.752,88
TOTAL	8.915,82

CAPÍTULO N°3: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Incluye instalación eléctrica, de placas fotovoltaicas y baterías, bombas, unidad de procesado y cámara frigorífica.

El apartado de “Instalación de placas solares (placas y baterías)” incluye el coste de las placas fotovoltaicas, la estructura de sujeción, inversor, cuadros de protección y contador, cableado, montaje, sistema de seguridad, presupuesto de ejecución, proyecto y dirección de la obra y tasas y visados.

Presupuesto Instalación CAPÍTULO N°3: Instalación eléctrica				
Descripción	Precio unitario (€)	Unidad	Cantidad	Total (€)
MATERIALES				
Bomba hidráulica 16.8m ³ /h, 23.8m.c.a, 7.5kW	1.651,50	ud.	2	3.303,00
Soplador 240m ³ /h 30kPa	400,00	ud.	2	800,00
Soplador 120m ³ /h 18kPa	159,29	ud.	1	159,29
Instalación de placas solares (placas y baterías)	150.000,00	-	-	150.000,00
Tubo fluorescente T4 12W con soporte	8,00	ud.	180	1.440,00
Inst. eléctrica (cableado, cuadros, etc.)	20.000,00	-	-	20.000,00
Unidad de post-cosecha	5.000,00	ud.	1	5.000,00
Cámara frigorífica	3.000,00	ud.	1	3.000,00
Subtotal materiales				183.702,29

MANO DE OBRA				
Instalación eléctrica	25,00	horas	96	2.400,00

SUBTOTAL	186.102,29
TOTAL	214.017,63

CAPÍTULO N°4: INSTALACIÓN DE INVERNADEROS

Incluye un invernadero de 30x15 m y uno de 12,5x6,5 m.

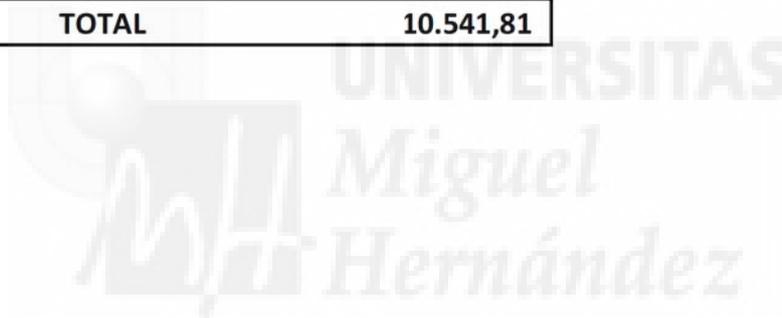
Presupuesto Instalación CAPÍTULO N°4: Invernaderos				
Descripción	Precio unitario (€)	Unidad	Cantidad	Total (€)
MATERIALES				
Invernadero 30x15 m	5.500,00	ud.	1	5.500,00
Invernadero 12x6,50 m	2.500,00	ud.	1	2.500,00
Subtotal materiales				8.000,00
MANO DE OBRA				
Instalación de invernaderos	25,00	ud.	128	3.200,00

SUBTOTAL	11.200,00
TOTAL	12.880,00

CAPÍTULO N°5: OTROS

Presupuesto Instalación CAPÍTULO N°5: Otros				
Descripción	Precio unitario (€)	Unidad	Cantidad	Total (€)
MATERIALES				
Jaula alevines	50,00	ud.	1	50,00
Comedero automático con tolva 10kg	649,99	ud.	6	3.899,94
Comedero automático con tolva 5kg	299,99	ud.	2	599,98
Bandejas poliestireno de 50mm de grosor	11,01	m ²	182,88	2.013,51
Maceteros de malla de Ø50mm	0,29	ud.	5516	1.599,64
Bandejas de semillero 60x40cm	0,40	ud.	668	267,20
Medidor pH, CE y temperatura	256,52	ud.	1	256,52
Medidor de oxígeno disuelto	480,00	ud.	1	480,00

SUBTOTAL	9.166,79
TOTAL	10.541,81



RESUMEN GENERAL DE PRESUPUESTOS

Presupuesto de ejecución material (PEM)

Resumen Presupuesto Instalación	
Fontanería	20.277,15
Carpintería	8.915,82
Inst. Eléctrica	214.017,63
Invernaderos	12.880,00
Otros	10.541,81
TOTAL	266.632,41 €

Asciende el Presupuesto de Ejecución Material a la expresada cantidad de DOSCIENTOS SESENTA Y SEIS MIL SEISCIENTOS TEINTA Y DOS EUROS CON CUARENTA Y UN CÉNTIMOS.

Presupuesto de contrata

PEM +13% gastos generales + 6% de beneficio industrial

PEM	266.632,41 €
13% de Gastos Generales	34.662,21 €
6 % Beneficio Industrial	15.997,94 €
Presupuesto de contrata	317.292,56 €

Asciende el Presupuesto de Contrata a la expresada cantidad de TRESCIENTOS DIECISIETE MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y DOS EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS.

Presupuesto total

Presupuesto de contrata	317.292,56 €
+21% IVA	66,631.44 €
Presupuesto total	384.924,00 €

Asciende el Presupuesto total a la expresada cantidad de TRESCIENTOS OCHENTA Y CUATRO MIL NOVECIENTOS VEINTICUATRO EUROS CON CERO CÉNTIMOS.

2 de julio de 2018, la alumna



Fdo.: Karoline Quaade González



