Escuela Politécnica Superior de Linares

Grado en Ingeniería Mecánica

Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo de Fin de Grado

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO PARA CULTIVO AEROPÓNICO CON SISTEMAS DE CONTROL AUTOMATIZADOS

Alumno: ***Pablo Jiménez López***

Tutor: *Francisco José Pérez Latorre*

Dpto.: Ingeniería Mecánica y Minera

Junio, 2020

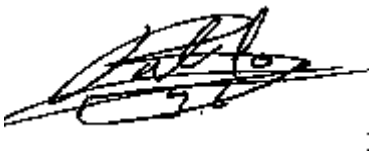
Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo de Fin de Grado

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO PARA CULTIVO AEROPÓNICO CON SISTEMAS DE CONTROL AUTOMATIZADOS

Alumno: Pablo Jiménez López ***Tutor:*** *Francisco José Pérez Latorre*



Dpto.: Ingeniería Mecánica y Minera

Linares, junio 2020

Índice

1. MEMORIA 1
1.1. Resumen 1
1.2. Introducción 3
1.3. Objetivos 6
1.3.1. Objetivos generales 6
1.3.2. Objetivos específicos 6
1.4. Antecedentes y justificación 7
1.5. Datos demográficos y socioeconómicos 8
1.5.1. Geografía física 8
1.5.2. Demografía 9
1.5.3. Economía 9
1.5.4. Transportes 9
1.6. Datos ambientales 10
1.6.1. Situación 10
1.6.2. Precipitaciones 10
1.6.3. Temperatura 11
1.6.4. Humedad 12
1.7. Datos técnicos 13
1.8. Legislación y normativa aplicable 14
1.8.1. Invernadero 14
1.8.2. Estructura 14
1.8.3. Electricidad 14
1.8.4. Cultivo 14
1.8.5. Aplicación transitoria del CTE 15

1.9. Sumario de datos de partida 16
1.9.1. Emplazamiento 16
1.9.2. Vías de acceso 16
1.9.3. Recursos hídricos 16
1.10. Situación actual 17
1.11. Alternativas 18
1.12. Descripción de obras e instalaciones 19
1.12.1 Movimiento de tierras 19
1.12.2. Construcción de la estructura 19
1.12.3. Previsión de la carga eléctrica requerida para la instalación eléctrica 20
1.13. Plazo de ejecución 21
1.14. Presupuesto 22
1.15. Conclusiones 23
2. ANEXOS A LA MEMORIA 24
2.1. Anexo I. Estudio agroclimático 24
2.1.1. Estaciones meteorológicas 24
2.1.2. Parámetros a estudiar 24
2.1.3. Datos meteorológicos 26
2.1.4. Análisis de datos meteorológicos 40
2.1.5. Conclusión 44
2.2. Anexo II. Cálculos estructurales del invernadero 47
2.2.1. Justificación del cálculo de la estructura 47
2.2.2. Grupos de barras 48
2.2.3. Hipótesis de carga 55
2.2.4. Resultados del cálculo de la estructura 76
2.2.5. Cimentación 77

2.2.6. Conclusión 77
2.3. Anexo III. Diseño de las mesas para cultivo aeropónico 79
2.3.1. Necesidades del cultivo 79
2.3.2. Elección de los aspersores 80
2.3.3. Bandeja de cultivo 82
2.3.4. Patrón de aspersión 84
2.3.5. Red hidráulica de las mesas de cultivo 85
2.3.6. Estructura metálica 92
2.3.7. Sujeción y distribución de las plantas 93
2.3.8. Componentes auxiliares 97
2.3.9. Conclusión 100
2.4. Anexo IV. Instalaciones 101
2.4.1. Instalación hidráulica 101
2.4.2. Instalación eléctrica 114
2.5. Anexo V. Plan de obra 117
2.5.1. Actividades 117
2.5.2. Duración de las actividades 117
2.5.3. Programación de actividades 119
2.6. Anexo VII. Evaluación de Impacto Ambiental 123
2.6.1. Objetivo 123
2.6.2. Normativa aplicable 123
2.6.3. Variables físicas 124
2.6.4. Identificación y valoración de impactos ambientales 125
2.6.5. Gravedad 127
2.6.6. Capacidad de recuperación (recuperabilidad) 128
2.6.7. Identificación de impactos en la fase de obras 128

2.6.8. Identificación de impactos en la fase de explotación 129
2.6.9. Prevención y corrección de impactos 130
2.6.10. Conclusión 132
2.7. Anexo VIII. Seguridad y salud 133
2.7.1. Memoria 133
2.7.2. Autor del estudio básico de seguridad y salud 133
2.7.3. Identificación de la obra 134
2.7.4. Riesgos laborales 134
2.8. Anexo IX. Automatización 170
2.8.1. Sensores 170
2.8.2. Actuadores 173
2.8.3. Sistema de control 175
2.8.4. Cableado 176
2.8.5. Limpieza de filtros 177
2.8.6. Riego automático 177
2.8.7. Grado de apertura de las ventanas 177
2.8.8. Recirculación del aire por medio de ventiladores 178
3. PLIEGO DE CONDICIONES 179
3.1. Introducción al pliego de condiciones 179
3.1.1. Objetivo del pliego de condiciones 179
3.1.2. Condiciones que regirán en la contrata 179
3.1.3. Importancia del pliego de condiciones 179
3.2. Definición general de las obras 180
3.2.1. Autor 180
3.2.2. Propietario 180
3.2.3. Objetivo 180

3.2.4. Ubicación de la obra 180
3.2.5. Documentos que definen la obra 180
3.3. Consideraciones generales facultativas 181
3.3.1. Dirección facultativa 181
3.3.2. Servicio de la dirección facultativa 181
3.3.3. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra 181
3.3.4. Cambio de director de obra 181
3.4. Obligaciones y derechos del contratista 182
3.4.1. Obligaciones y derechos del contratista 182
3.4.2. Reemisión de solicitud de ofertas 182
3.4.3. Presencia del contratista 182
3.4.4. Oficina de obra 182
3.5. Trabajos, materiales y medios auxiliares 183
3.5.1. Libro de órdenes 183
3.5.2. Reclamaciones contra la dirección facultativa 183
3.5.3. Orden de trabajo 183
3.5.4. Comienzo de obras 183
3.5.5. Finalización de la obra 184
3.5.6. Condiciones generales de la ejecución de trabajo 184
3.5.7. Obras defectuosas 184
3.5.8. Modificaciones de los documentos del proyecto 185
3.5.9. Ampliación del proyecto por causas inesperadas de fuerza mayor 185
3.5.10. Obras ocultas 185
3.5.11. Vicios ocultos 185
3.5.12. Características de los materiales y de los aparatos 186
3.5.13. Uso de materiales y aparatos 186

3.5.14. Materiales no utilizables 186
3.5.15. Materiales y aparatos defectuosos 186
3.5.16. Medios auxiliares 187
3.5.17. Medidas de seguridad 187
3.6. Maquinaria 188
3.6.1. Características de la maquinaria 188
3.6.2. Manejo 188
3.6.3. Certificados 188
3.6.4. Normas de aplicación 188
3.6.5. Mantenimiento y conservación 188
3.7. Medios auxiliares 190
3.7.1. Plataformas de trabajo 190
3.7.2. Andamios 190
3.8. Mano de obra 192
3.8.1. Calificación de los operarios 192
3.8.2. Acreditación 192
3.9. Jefes de obra, encargados y capataces 193
3.9.1. Calificación en la obra 193
3.10. Productos 194
3.10.1. Procedencia y características 194
3.10.2. Normativa de aplicación 194
3.10.3. Conservación, manipulación y almacenaje 194
3.11. Unidades de obra 195
3.11.1. Descripción y componentes 195
3.11.2. Requisitos previos 195
3.11.3. Prescripciones de ejecución 195

3.12. Pruebas, controles y ensayos 197
3.13. Recepción de la obra 198
3.14. Criterios de mediciones 199
3.14.1. Normas generales 199
3.14.2. Formas de medir 199
3.14.3. Acondicionamiento del terreno 199
3.14.4. Cimentaciones 200
3.14.5. Saneamiento 201
3.14.6. Estructuras 201
3.14.7. Albañilería 202
1.14.8. Cubiertas 204
3.14.9. Instalaciones 205
3.14.10. Aislamientos 205
3.14.11. Revestimientos 206
3.14.12. Carpintería y elementos de seguridad y protección 207
3.14.13. Elaborados sintéticos y vidrio 207
3.14.14. Pintura 208
4. PRESUPUESTO 210
4.1. Mediciones 210
4.2. Cuadro de precios 214
4.3. Presupuesto desglosado 218
4.4. Resumen del presupuesto del invernadero 222
4.5. Precio final 223
5. PLANOS 224
6. BIBLIOGRAFÍA 243

1. MEMORIA

1.1. Resumen

El presente TFG cuenta con una serie de documentos, desglosados en el índice, en los cuales se desarrolla este proyecto, que consiste en el diseño y la construcción de un invernadero cuya finalidad es albergar un cultivo de tipo aeropónico y que estará situado en la población de El Ejido (Almería).

Este tipo de tecnología aún resulta novedosa hoy en día, por lo que es difícil encontrar información específica al respecto. Cultivar plantas a raíz desnuda, como se hace en los sistemas aeropónicos, implica una alta dificultad en el diseño de las instalaciones, ya que un pequeño fallo produciría efectos catastróficos sobre estas. No existe una industria especializada en la creación de equipos o componentes específicos para cultivo aeropónico. Esto lleva a tener que adaptar aquellos componentes provenientes de otros tipos de agricultura e industrias que cumplan con los requisitos de estos cultivos.

Se han diseñado enteramente tanto invernadero como mesas de cultivo de forma única para cumplir con los parámetros adecuados. No se encuentra demasiada información sobre este tipo de cultivos en España, ya que, aunque existan, su número aún es muy limitado y les queda mucho por evolucionar.

En primer lugar, se ha encontrado el lugar más idóneo para el emplazamiento de este tipo de invernadero, contando con todos los beneficios que reporta este sistema productivo, para así obtener un producto de gran calidad. A continuación, se ha buscado el diseño del invernadero que mejor se adapta a los requisitos de su emplazamiento, con un aprovechamiento máximo de la insolación de la zona y cubriendo todas las necesidades para soportar las condiciones climatológicas. Por último, se describen los cálculos y las características del proyecto cumpliendo con la reglamentación ambiental de la zona.

Asimismo, al final de este documento, se recogen los planos, los presupuesto y el pliego de condiciones.

Según el Real Decreto 1393/2007 del 29 de Octubre, que queda modificado por el Real Decreto 861/2010 del 2 de Julio, se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias de títulos de grado: «Estas enseñanzas concluirán con la elaboración y defensa de un Trabajo de Fin de Grado. […] El Trabajo de Fin de Grado tendrá entre 6 y 30 créditos, deberá

realizarse en la fase final del plan de estudios y estar orientado a la evaluación asociada al título».

De acuerdo con la normativa nombrada anteriormente, en cumplimiento con ella, se lleva a cabo el siguiente Trabajo de Fin de Grado de 12 créditos, titulado: «Proyecto de construcción de un invernadero para cultivo aeropónico con sistemas de control automatizados».

1.2. Introducción

Hoy día se busca constantemente la forma de aumentar cada vez más el valor de los productos que se obtienen y, a la vez, disminuir los costes de su producción. Ante esta necesidad tan acuciante se ha adaptado la idea que —pese a llevar bastantes años en funcionamiento, sigue siendo desconocida— tuvo la NASA para, en una posterior expedición a otros planetas, poder cultivar en ellos vegetales con los recursos mínimos.

Para explicar de forma sencilla en qué consiste este sistema de cultivo tan solo hay que pensar en que se pretende hacer crecer una planta en el aire, con sus raíces completamente desnudas. La planta se sujetará por el tallo y las raíces quedarán ocultas dentro de la bandeja de cultivo, en la que se le suministrarán tanto el agua como los nutrientes haciendo uso de pulverizadores. La diferencia con un cultivo hidropónico es principalmente el grado de exposición, ya que, al no encontrarse las raíces sumergidas o completamente empapadas por agua, la cantidad de oxígeno que estas reciben es mayor, lo que mejora su crecimiento y vigorosidad.

No existe un mercado de la aeroponía, lo que hace de este sistema un nuevo e importante recurso a explotar en los próximos años, produciéndose una mejora gradual en la tecnología del sector.

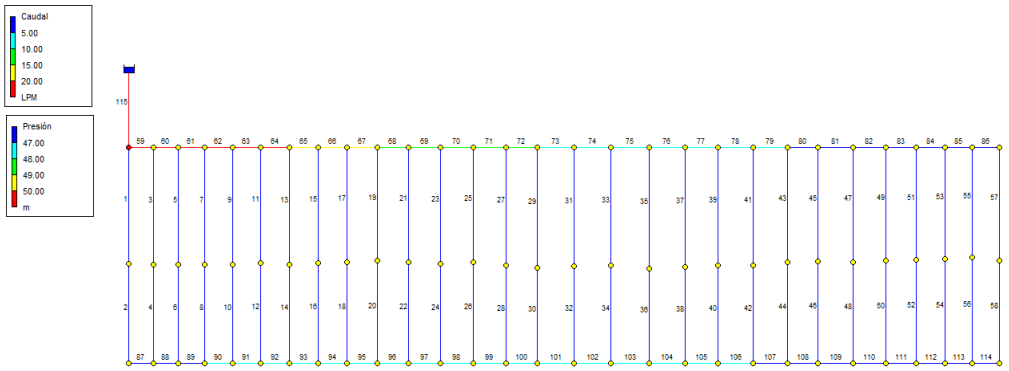


Ilustración 1: Esquema hidráulico con resultados de presión y caudal de las mesas realizado en EPANET.

Este sistema de cultivo elimina el soporte sólido o líquido para el crecimiento radicular de las plantas. En su lugar, las plantas son sujetadas por su base y las raíces crecen en el aire bajo unas condiciones controladas. Al no encontrar una oposición a su expansión radicular y obtener una oxigenación máxima, son capaces de crecer con mayor vigor y de forma más

saludable que si estuvieran expuestas a los posibles patógenos dañinos existentes en el sustrato.

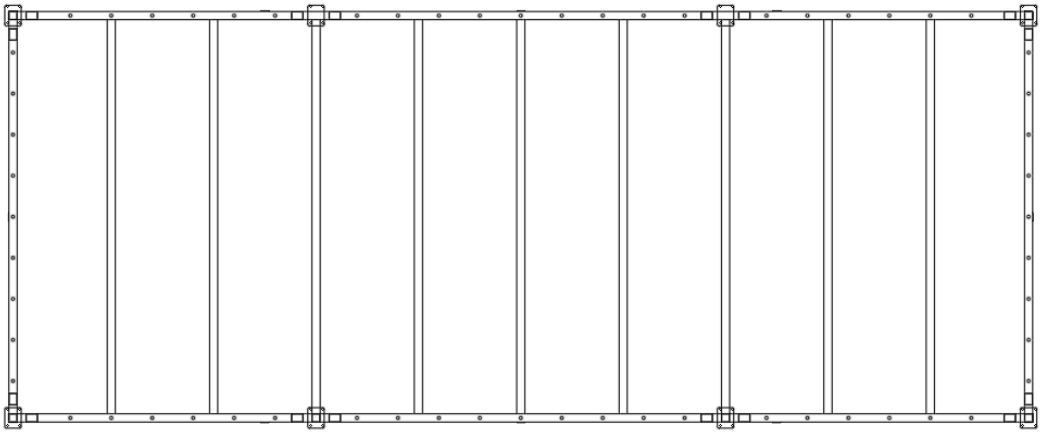


Ilustración 2: Vista en planta del diseño de la estructura metálica de las mesas de cultivo.

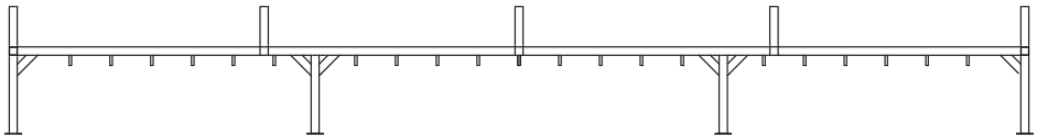


Ilustración 3: Alzado del diseño de la estructura metálica de las mesas de cultivo.

Además, con este sistema se reducen mucho los recursos necesarios para el cultivo, ya que únicamente se utilizan las instalaciones diseñadas —en las cuales se invierte inicialmente—, agua y abonos líquidos.

En otros sistemas, como puede ser el hidropónico, se necesita una gran cantidad de agua para su correcto funcionamiento. Sin embargo, de esta manera se pulveriza la cantidad mínima de agua mezclada con la solución nutritiva deseada sobre las raíces para mantener una humedad ambiental alrededor de las raíces suficiente para su correcto desarrollo.

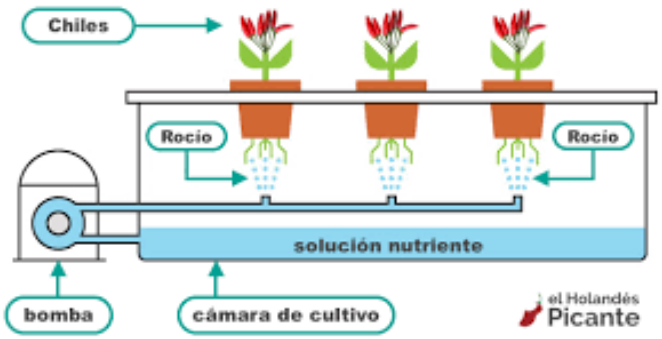


Ilustración 4: Esquema conceptual del funcionamiento del cultivo aeropónico. Fuente: Google Imágenes.

Será responsabilidad del agricultor decidir qué macronutrientes y micronutrientes aplicará en el agua de riego, adaptándolos a los vegetales que desee cultivar. Uno de los mayores potenciales de este tipo de sistema aeropónico es la investigación genética, puesto que se pueden poder controlar todos los parámetros del cultivo o la producción de plántulas de alta calidad para su posterior trasplante a su localización final.

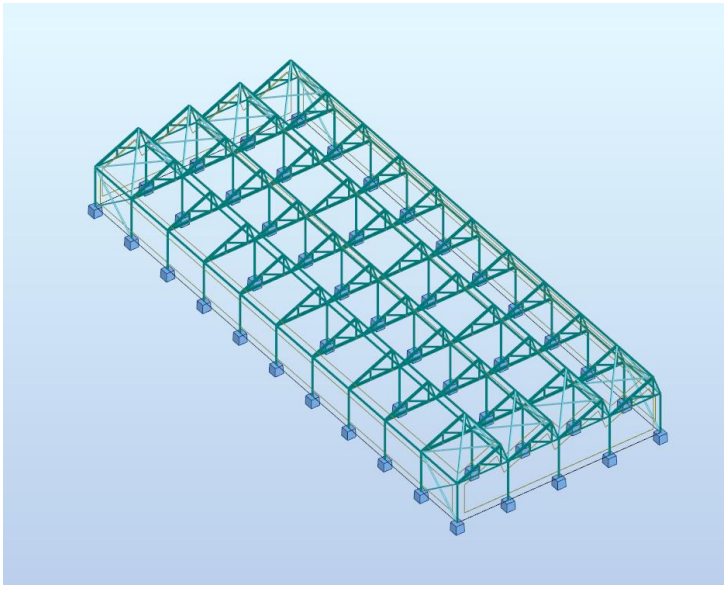


Ilustración 5: Vista 3D de la estructura metálica del invernadero realizada en ROBOT.

El diseño de un invernadero que —a primera vista— parece arcaico, como es un invernadero convencional, consigue un ambiente mucho más controlado, una producción menor de residuos plásticos y una estructura más resistente ante posibles daños en la cubierta. En consecuencia, se combinan los conocimientos sobre estructuras e invernaderos convencionales con el desarrollo de nuevos materiales que cumplen perfectamente su función con una menor cantidad de residuos y costes de reparación.

El invernadero diseñado cuenta con una estructura de perfiles de acero laminado. Para la cubierta y cerramientos se utilizará policarbonato transparente y para los cimientos, hormigón armado.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos generales

El proyecto recoge el diseño de un invernadero y de las instalaciones necesarias para un cultivo aeropónico en el municipio de El Ejido. Tiene como finalidad aumentar la productividad y reducir los costes de la producción de vegetales a la vez que se aumenta su valor. De esta forma, se dota a la zona de una nueva alternativa a los cultivos bajo plástico tradicionales a la vez que se cuidan los recursos naturales, cada día más escasos y valiosos. También se da la posibilidad de encontrar un nuevo sector alternativo para la ingeniería genética y la selección de especímenes cada vez mejores para adaptarse a la alta demanda actual de alimento, derivada del aumento exponencial de la población.

1.3.2. Objetivos específicos

A fin de desarrollar este proyecto y cumplir los objetivos generales, se desarrollan una serie de objetivos específicos. En líneas generales, se estudia el emplazamiento óptimo para el emplazamiento de este invernadero, el diseño estructural del invernadero y las instalaciones necesarias para cumplir con los requisitos de un cultivo aeropónico funcional.

Los puntos que se recogen en la propuesta de Trabajo de Fin de Grado de este trabajo son:

- Cálculo de la estructura del invernadero con ayuda de programas de diseño asistido por ordenador.
- Estudio agroclimático para determinar los parámetros de cultivo.
- Diseño de las bancadas para cultivo aeropónico.
- Automatización a través de sistemas existentes en la industria agronómica.
- Presupuesto.
- Planos y esquemas del proyecto.

1.4. Antecedentes y justificación

Se prevé la construcción de este invernadero y así hacer evolucionar los sistemas de cultivo bajo plástico más tradicionales, aportando valor al sector agrícola de la zona con un mayor aprovechamiento de los recursos naturales disponibles. Para ello, se cumplirán los objetivos anteriormente expuestos para así implementar nuevas opciones de cultivo.

Ilustración 6: Invernadero convencional bajo plástico. Fuente: Google Imágenes.

El sistema de cultivo anteriormente descrito, siendo junto al turismo el sector económico más importante de la zona, necesita un importante impulso para así conseguir una mayor diferenciación ante la creciente competencia en países cercanos. Esta competencia consigue productos de menor calidad, pero a un precio menor, lo cual hace más acuciante la reducción de los costes productivos, aunque requiera de una mayor inversión inicial.

Debido a la creciente necesidad de reducir los residuos plásticos y al uso abusivo que se hace de ellos en la región, se opta por una alternativa más sostenible, como es un invernadero convencional, que cumple las mismas funciones que un invernadero con cubierta de film plástico. Este tipo de cubiertas de film deben cambiarse cada dos años si no se producen daños a causa de agentes climáticos antes de cumplir este espacio de tiempo. Sin embargo, optando por una cubierta de policarbonato —que mantiene sus propiedades durante un mínimo de diez años antes de la degradación de sus propiedades mecánicas ante la exposición ambiental— cambia radicalmente la concepción actual de «usar y tirar» los plásticos en una sociedad cada día más implicada con la sostenibilidad medioambiental.

1.5. Datos demográficos y socioeconómicos

El municipio de El Ejido se encuentra en la provincia de Almería, ubicado en la comarca del Poniente Almeriense. Es el tercer municipio más poblado de la provincia, tras Almería y Roquetas de Mar, contando con una superficie de 227 km^2 y una densidad de población de 370,68 hab./km^2. El invernadero que se diseña en este proyecto estará situado en las coordenadas 36°44'20.1"N 2°48'31.5"W.

Ilustración 7: Vista aérea del municipio de El Ejido. Fuente: Google Maps.

1.5.1. Geografía física

Se trata de una planicie que presenta pequeñas ondulaciones formadas por lomas y cañadas en las estribaciones de la sierra de Gádor. Su situación geográfica es la siguiente:

- Norte y noroeste: Las Dalías
- Noreste: Las Dalías y Vícar
- Oeste: Balanegra
- Este: La Mojonera
- Sur y suroeste: mar Mediterráneo
- Sureste: Roquetas de Mar

1.5.2. Demografía

De acuerdo con los datos de 2019 del INE (Instituto Nacional de Estadística), su población asciende a 83 594 habitantes, por lo que prácticamente dobla su número de habitantes desde 2016 y se trata del tercer municipio más poblado de la provincia almeriense.

Además, desde la segunda mitad del siglo XX, cuenta con una gran cantidad de inmigrantes de toda España. El paradigma actual indica que a lo largo de los años esta cantidad ha aumentado notablemente, ya que ahora recibe una importante cantidad de trabajadores procedentes de Marruecos, Rumania, Ecuador, Argentina y Rusia.

1.5.3. Economía

La principal actividad económica de la zona se basa en el sector primario y, más concretamente, se centra en la agricultura intensiva en invernaderos bajo plásticos.

Este entorno ha propiciado la creación de una rica industria auxiliar encargada de la comercialización hortofrutícola a nivel nacional e internacional de una calidad excepcional. Gracias a la especialización de la producción y a la creación de estándares de consumo, responde perfectamente a la creciente demanda internacional que cada vez se incrementa con mayor ferocidad.

1.5.4. Transportes

El municipio cuenta con amplias conexiones de gran calidad que facilitan la comercialización y el trasporte de productos.

Por carretera se conecta directamente con la autovía del Mediterráneo (E-15 A-7) y una red de carreteras comarcales que da acceso a todos los invernaderos y poblaciones cercanas. Además, junto a la A-7 se sitúa el CIM (Centro Integral de Mercancías) que cuenta con 450 plazas para vehículos de gran tonelaje, más de 40 naves industriales dedicadas a la distribución y 70 oficinas.

Por vía marítima también se encuentra bien situada, ya que cuenta con dos importantes puertos comerciales cercanos, localizados en Almería y Adra.

1.6. Datos ambientales

1.6.1. Situación

El municipio de El Ejido se encuentra protegido por la sierra de Gádor y bajo las suaves condiciones climáticas del mar Mediterráneo.

En concreto, se trata de un clima mediterráneo subdesértico, cuya estación seca coincide con la época de máximas temperaturas. Además, existe una gran irregularidad en las precipitaciones interanuales e interestacionales.

Al encontrarse al resguardo de la sierra de Gádor, está protegida de los vientos fríos del norte. Sin embargo, esto también genera una escasez de lluvias, que es característica de los climas subdesérticos.

Su latitud subtropical implica una alta cantidad de horas de exposición a la luz solar, lo que mejora la insolación para las plantas que se producen en invernadero. Su latitud también implica que, al situarse próxima a las Azores, predominan las altas presiones en la zona y, por tanto, la ausencia de nubosidad, lo que propicia buen tiempo durante la mayor parte del año. Son estas altas presiones el centro director de la climatología del municipio.

1.6.2. Precipitaciones

Las precipitaciones, como se ha expuesto anteriormente, son irregulares y se sitúan por debajo de la media o, en ocasiones, por encima.

Irregularidad intermensual					
	Octubre	Diciembre	Febrero	Abril	Agosto
2000	72.3	33	0	17.2	0
2001	72.9	126.7	24.6	10	0
2002	50	35.8	0.3	51.1	0.9
2003	1.2	13.4	65	20.4	0
2004	56.2	47.5	32.8	69.3	0

Tabla 1: Registro de precipitaciones intermensuales (mm) de El Ejido (2000-2004). Fuente: Ayuntamiento de El Ejido.

Esta irregularidad también es estacional, como se puede observar en los siguientes datos.

Precipitaciones medias estacionales				
	1942 - 1981		1981/1982 - 2003/2004	
	Promedio (mm)	Porcentaje	Promedio (mm)	Porcentaje
Invierno	122,54	42,51 %	99,88	40,5 %
Primavera	81,76	28,36 %	82,92	33,6 %
Verano	11,35	3,94 %	13,59	5,50 %
Otoño	72,61	25,19 %	50,05	20,3 %

Tabla 2: Datos de precipitaciones interestacionales (mm-%) de El Ejido (1942-2004). Fuente: Ayuntamiento de El Ejido.

De acuerdo con los datos pluviométricos de la zona, aquí las excepciones son la norma, situando un año lluvioso con 7,49 veces más precipitaciones que uno seco.

1.6.3. Temperatura

Con relación a la temperatura, la costa almeriense cuenta con las temperaturas más elevadas de España, situándose en una isoterma constante de 20 °C que discurre de forma paralela y bordeando la provincia.

El Ejido cuenta con una situación geográfica de auténtica solana, con una gran insolación, influencia continental por parte de la sierra de Gádor e influencia cálida del Mediterráneo por sus cálidas aguas. Estas condiciones hacen que las temperaturas invernales sean las más altas de toda España.

Temperaturas medias mensuales			
Enero	12,17	Julio	25,5
Febrero	12,85	Agosto	26,2
Marzo	14,6	Septiembre	23,2
Abril	16	Octubre	19,5
Mayo	19	Noviembre	15,5
Junio	22,9	Diciembre	13,23

Tabla 3: Datos de temperaturas medias mensuales (°C). Fuente: Ayuntamiento de El Ejido.

1.6.4. Humedad

La humedad relativa durante el año se sitúa por encima del 60 % en el mes menos húmedo (julio) y por encima del 70 % en los períodos más húmedos, siendo el mes más húmedo diciembre.

Humedad relativa media mensual en %			
Enero	67,94	Julio	64,97
Febrero	68,66	Agosto	66,73
Marzo	66,86	Septiembre	68,83
Abril	66,42	Octubre	69,90
Mayo	66,96	Noviembre	70,04
Junio	65,56	Diciembre	70,25

Tabla 4: Datos de humedad relativa mensual (%) de El Ejido. Fuente: Ayuntamiento de El Ejido.

Humedad relativa media estacional	
1976/1977 - 2003/2004	
	Promedio en %
Invierno	66,86
Primavera	66,42
Verano	66,96
Otoño	65,56

Tabla 5: Datos de humedad relativa interestacional (%) de El Ejido. Fuente: Ayuntamiento de El Ejido.

1.7. Datos técnicos

De acuerdo con la Instrucción de Acero Estructural (EAE/Capítulo 1/Artículo 5.1), la vida útil nominal de las instalaciones agrícolas se sitúa entre 15 y 50 años, lo que incluye la realización de los mantenimientos necesarios de la estructura. A esto se añade, además, la reparación o sustitución de la cubierta de policarbonato cuando sus propiedades mecánicas se vean deterioradas y deje de cumplir con eficiencia su cometido —lo que comenzará a suceder, según el fabricante, a partir de los 10 años de uso y exposición ambiental.

La cantidad máxima de plantas que se podrán cultivar asciende a 29 260 y el caudal máximo necesario será de 1 956,24 l/min, aunque este caudal nunca llegará a esta cantidad hipotética en la que todas las mesas de cultivo estarían funcionando a la vez. La imposibilidad de alcanzar esta cifra se debe al funcionamiento intrínseco de las mesas, ya que solo regarán durante unos pocos segundos cuando la humedad relativa dentro de la bandeja caiga por debajo de la establecida, quedando este tiempo determinado por la recuperación de la humedad necesaria. Por tanto, no funcionarán a la vez y lo harán durante un espacio de tiempo muy reducido.

Pese a que puede parecer que el consumo de agua es demasiado elevado, en realidad es mínimo, ya que no se regará con más cantidad de la justamente necesaria para un correcto desarrollo de las plantas. De esta forma, se evitan las pérdidas de otros cultivos más tradicionales, como puede ser la evaporación del agua aplicada al encontrarse confinadas en una bandeja de cultivo.

El tiempo que las plantas necesitan para crecer dependerá de las variedades que el agricultor desee producir y del estadio en el que se lleve a cabo su comercialización.

1.8. Legislación y normativa aplicable

1.8.1. Invernadero

1.8.1.1. Europea

EN 13031-1 Norma Europea de construcción de invernaderos.

1.8.1.2. Estatal

Norma Española: UNE 76-208-92.

1.8.1.3. Autonómica

El Plan de Ordenación del Territorio de la comarca del Poniente Almeriense es un instrumento de planificación territorial redactado de conformidad a lo establecido en la Ley 1/94, de 11 de enero, de Ordenación del Territorio de la Comunidad Autónoma de Andalucía para los Planes de Ordenación del Territorio de ámbito subregional, creados en el artículo 5, apartado b) de dicha Ley. Su elaboración se ha realizado conforme al Decreto 6/1996 de Enero del Consejo de Gobierno por el que se acuerda su formulación.

1.8.2. Estructura

Código Técnico de la Edificación (CTE).

Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

1.8.3. Electricidad

Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT 52.

1.8.4. Cultivo

Orden APA/543/2019, de 26 de abril, por la que se definen los bienes y los rendimientos asegurables, las condiciones técnicas mínimas de cultivo, el ámbito de aplicación, los períodos de garantía, las fechas de suscripción y los precios unitarios en relación con el seguro de explotaciones de hortalizas bajo cubierta, en la península y en la comunidad autónoma de las Islas Baleares, comprendido en el cuadragésimo Plan de Seguros Agrarios Combinados.

1.8.5. Aplicación transitoria del CTE

a) «DB SE Seguridad Estructural».
b) «DB SE-AE Acciones en la Edificación».
c) «DB SE-C Cimientos» aplicado conjuntamente con los «DB SE Seguridad Estructural» y «DB SE-AE Acciones en la Edificación».
d) «DB SE-A Acero» aplicado conjuntamente con los «DB SE Seguridad Estructural» y «DB SE-AE Acciones en la Edificación».
e) «DB SE-F Fábrica» aplicado conjuntamente con los «DB SE Seguridad Estructural» y «DB SE-AE Acciones en la Edificación».
f) «DB SE-M Madera» aplicado conjuntamente con los «DB SE Seguridad Estructural» y «DB SE-AE Acciones en la Edificación».
g) «DB HS Salubridad». La exigencia básica de suministro de agua HS 4 se aplicará obligatoriamente cuando no se haya optado por aplicar la disposición citada en el apartado 2.d) de la disposición transitoria segunda.

Ilustración 8: Normativa de aplicación transitoria del CTE. Fuente: Código Técnico de la Edificación (CTE)

1.9. Sumario de datos de partida

Para comenzar a desarrollar este proyecto, se han recogido datos de partida de diferentes sitios web, manuales, *softwares* de diseño asistido por ordenador y normativa. Los parámetros necesarios para el diseño funcional de un invernadero de estructura convencional con el uso de prefabricados y un sistema de cultivo aeropónico son:

- Datos agroclimáticos de la región.
- Requisitos de diseño estructural recogidos en el Código Técnico de Edificación (CTE).
- Requisitos de diseño para el cultivo aeropónico de vegetales.
- Mapas desde una vista satélite para conocer el terreno sobre el que se construirá.

Haciendo uso de estos datos, se puede dimensionar de manera adecuada el diseño del invernadero y sus sistemas hidráulicos para el cultivo aeropónico, así como determinar el lugar idóneo para el aprovechamiento óptimo de los recursos de la zona elegida.

1.9.1. Emplazamiento

La parcela elegida de sitúa en las coordenadas 36°44'20.1"N 2°48'31.5"W y cuenta con una superficie de 1375 m^2 (55 m x 25 m), como se verá en el plano de situación en el que se describe gráficamente este emplazamiento.

1.9.2. Vías de acceso

Se encuentra conectado directamente a una vía interurbana que a 500 m en dirección este da acceso a la A-389 y esta, a su vez, a la A-7. Esta vía interurbana está integrada en el diseño urbanístico de la zona, rodeada de invernaderos y comunicando a la parcela con empresas del sector o, como anteriormente se ha descrito, vías para un fácil transporte.

1.9.3. Recursos hídricos

La localización elegida sitúa el invernadero junto a una balsa de riego colindante que suministra agua a los invernaderos de alrededor y de la cual se podría ser partícipe para hacer uso de ella.

1.10. Situación actual

La parcela elegida se encuentra en desuso y cuenta con maleja y desniveles derivados de la exposición a los agentes climáticos. Además, cuenta con acometida eléctrica y toma de agua, tanto potable como para riego, haciendo uso de la balsa de riego colindante.

El municipio de El Ejido se encuentra en constante expansión y presenta una gran industria auxiliar que facilita y reduce enormemente los costes de la producción hortofrutícola, extendida a lo largo de toda la provincia. Como puede observarse en vistas aéreas, la población se encuentra rodeada de este tipo de cultivos en invernadero, por lo que su implementación es algo común.

1.11. Alternativas

La propuesta de este tipo de invernadero se basa en el mejor aprovechamiento de los recursos naturales, una menor generación de residuos plásticos, la obtención de productos de mayor valor, una infraestructura más resistente ante agentes climáticos y una gran adaptabilidad para la elección de los vegetales deseados por el agricultor.

La opción más conservadora sería la construcción de un invernadero bajo plástico, el más predominante en la región, pero sacrificaríamos muchas de las ventajas anteriormente expuestas. Pese a que la inversión inicial requerida sería menor, la productividad de este tipo de invernaderos con un sistema de cultivo tradicional directamente sobre el sustrato presenta unas claras desventajas, como la posible aparición de plagas en el cultivo o el descontrol existente en el alimento que recibe la planta debido a la propia variabilidad de estos en el sustrato y a su agotamiento.

Esto eliminaría la posibilidad de poder realizar estudios genéticos tan exactos como podrían hacerse en los sistemas hidropónicos o aeropónicos, puesto que carecen del control absoluto de todos los parámetros ambientales del cultivo.

La elección de un sistema aeropónico en vez de un sistema hidropónico radica en el requerimiento de agua de este. Mientras que en un sistema hidropónico se tendrá que cubrir todo el espacio radicular con agua en la que se aporten los nutrientes y tratamientos fitosanitarios necesarios, en un sistema aeropónico solo se tendrán que rociar las raíces con esta solución periódicamente y, en consecuencia, el aprovechamiento de este recurso se hace de una forma mucho más eficiente. Por otro lado, la tasa de crecimiento en un sistema aeropónico es varias veces más rápida y productiva. Esto puede observarse en estudios de la NASA llevados a cabo con patatas en los que se determina que, al alcanzar un tamaño de gota de 50 micras, la absorción radicular es óptima. Además, cuenta con una oxigenación imposible de alcanzar en un sistema hidropónico, ya que las raíces quedan expuestas al aire.

Como consecuencia de las razones anteriores, se llega a la conclusión de que este diseño es más productivo y aporta un mayor valor a los productos, dado que se pueden controlar todos los parámetros necesarios para el óptimo desarrollo vegetal. Todo ello, sin dejar de lado un mayor respeto por el medio ambiente, ya que se optimiza el uso de los recursos naturales disponibles y se producen menos residuos plásticos que en los invernaderos con cubierta de film plástico.

1.12. Descripción de obras e instalaciones

1.12.1 Movimiento de tierras

Se requerirá la excavación y la nivelación inicial del terreno para la ejecución de los cimientos del invernadero, así como la red de saneamiento. El volumen estimado de tierra a mover para la nivelación del terreno será de 255 m^3 y la requerida para la cimentación e instalaciones de saneamiento será de 210 m^3, sumando un total estimado de 465 m^3 de tierra a mover.

1.12.2. Construcción de la estructura

Se requerirá de la ejecución de los siguientes procesos:

- Desbroce
- Excavación
- Encofrado
- Ferrallado
- Hormigonado
- Montaje de la estructura de acero prefabricado
- Montaje de la cubierta de policarbonato

Estas obras se describen con más detalle en el plan de obra incluido en este proyecto.

Los cerramientos se construirán de la misma forma que la cubierta, en policarbonato transparente. Todas las uniones de la estructura se realizarán mediante soldadura, a excepción de las uniones de los pilares con las zapatas de hormigón.

Cimentación		
Elemento	**N.º**	**Dimensiones (m)**
Zapatas	47	2 x 2 x 0,95

Tabla 6: Resumen elementos de cimentación.

Estructura metálica		
Perfil	**N.º**	**L (m)**
HEA 100	10	4
IPE 220	8	5
IPE 220	44	4,74
IPE 80	44	2,12
IPE 100	44	2
IPE 100	44	1
IPE 100	44	2,37
HEA 180	19	4
HEA 200	18	4
IPE 240	36	5
HEA 140	40	5
ROND 140	8	6,4
ROND 140	16	6,89
ROND 140	16	5,43

Tabla 7: Resumen de elementos de la estructura metálica del invernadero.

Mesas		
Elemento	**N.º**	**Dimensiones (m)**
Bandejas PVC	48	5 x 2 x 0,2
Bandejas PVC	14	2,5 x 2 x 0,2
Mesas	48	5 x 2 x 0,75
Mesas	14	2,5 x 2 x 0,75
Pulverizadores	16 720	

Tabla 8: Resumen elementos para las mesas de cultivo.

1.12.3. Previsión de la carga eléctrica requerida para la instalación eléctrica

La previsión de la carga eléctrica que consumirán tanto maquinaria como luminarias se ha estimado en 23 084 W en total que serán obtenidos de la red eléctrica general. En su defecto, se colocará un grupo electrógeno de 30 000 W de potencia para asegurar el funcionamiento en caso de fallo de la red de suministro.

1.13. Plazo de ejecución

El plazo de ejecución de la obra será de 120 días naturales, del 1 de julio al 28 de octubre de 2020. Los tiempos de cada apartado quedan descritos en el anejo de plan de obra.

Tarea	F. Inicio	F. Fin	Duración
Desbroce/Nivelación del terreno	01/07/2020	03/07/2020	3
Excavaciones/Movimiento tierras	04/07/2020	10/07/2020	7
Cimentación	11/07/2020	25/07/2020	15
Red de saneamiento	21/07/2020	25/07/2020	5
Estructura	26/07/2020	24/08/2020	30
Cubierta	25/08/2020	13/09/2020	20
Red hidráulica	14/09/2020	23/09/2020	10
Red eléctrica	14/09/2020	23/09/2020	10
Cerramientos	24/09/2020	08/10/2020	15
Ventiladores/Mallas de sombreo	04/10/2020	08/10/2020	5
Mesas de cultivo	09/10/2020	23/10/2020	15
Automatización	17/10/2020	23/10/2020	7
Retoques y ajustes	24/10/2020	28/10/2020	5
Seguridad y salud	01/07/2020	28/10/2020	120

Tabla 9: Resumen de tareas y plazos de ejecución de las obras.

1.14. Presupuesto

RESUMEN PRECIOS	TOTALES (€)
Capítulo 1. Movimiento de tierra	4 670,22
Capítulo 2. Cimentación	33 185,93
Capítulo 3. Saneamientos	4 157,61
Capítulo 4. Estructura	98 965,73
Capítulo 5. Cubierta	24 503,92
Capítulo 6. Cerramientos	16 341,90
Capítulo 7. Instalación eléctrica	30 299,57
Capítulo 8. Carpintería interior	6 171,51
Capítulo 9. Mesas de cultivo	53 810,39
Capítulo 10. Red hidráulica	12 988,30
Capítulo 11. Automatización	9 494,15

Tabla 10: Resumen de precios de las partes del proyecto.

Presupuesto de ejecución material	294 589,23
Beneficio industrial (6 % P.E.M)	1 7675,35
Gastos generales (13 %)	38 296,60
IVA (21 %)	73 617,85
Precio final (€)	424 179,04

Tabla 11: Presupuesto de ejecución material más impuestos y beneficio industrial.

1.15. Conclusiones

Este invernadero ha sido dimensionado de tal forma que cumple con los requisitos necesarios para garantizar su seguridad y adaptar el cultivo vegetal en su interior. Todos los cálculos se han realizado en base a lo especificado por el CTE, cumpliendo, por tanto, las solicitaciones estructurales requeridas por este.

En cuanto al cultivo aeropónico en invernadero, se trata de algo relativamente novedoso y es complejo encontrar información fiable al respecto, pero se ha diseñado en base a los requerimientos vegetales para su funcionamiento en las fases iniciales del estado vegetativo. Si se quisieran cultivar variedades de mayor calibre o la producción de vegetales en plantas de un tamaño superior, deberían volver a dimensionarse los espacios que necesita cada planta, reduciendo así la producción a los requerimientos de la variedad a cultivar.

Al calcularse todo de forma teórica y cumplir los requisitos, no deberían surgir problemas en el cultivo. En cualquier caso, serán necesarias modificaciones en base a la experiencia tras su implantación o adaptaciones en función de las solicitaciones del agricultor.

Con relación al aprovechamiento del agua, pese a que se han conseguido buenos aprovechamientos, el proyecto queda abierto a posteriores modificaciones para conseguir un aprovechamiento aún mejor si fuese posible. Por ejemplo, podría instalarse un sistema de recirculación y tratamiento de las aguas drenadas por las bandejas.

LINARES, JUNIO DE 2020.

El alumno,

Fdo.: Pablo Jiménez.

2. ANEXOS A LA MEMORIA

2.1. Anexo I. Estudio agroclimático

2.1.1. Estaciones meteorológicas

Se comienza con la elección de las estaciones meteorológicas más cercanas para así obtener los datos más adecuados para la población de El Ejido, ya que esta carece de una propia de la que conseguirlos.

Las estaciones más cercanas se sitúan en las poblaciones de Adra y La Mojonera, por lo que serán las que proporcionarán los datos que se necesitan para este estudio.

2.1.2. Parámetros a estudiar

Para la confección de un estudio agroclimático nos interesan aquellos parámetros que influyen directamente sobre los cultivos y, en consecuencia, en el desarrollo vegetativo.

2.1.2.1. Temperatura

Se trata de uno de los parámetros más sensibles en los cultivos expuestos a la intemperie. Sin embargo, al construir un invernadero, se consigue regular en la medida de lo posible, adaptándola a la necesaria para la variedad vegetal deseada.

Las plantas son altamente sensibles a la temperatura, ya que su metabolismo se ve altamente modificado por esta, como puede observarse durante los cambios estacionales en la naturaleza. Este factor es importante en la elección del tipo de cultivo que se va a realizar, pero, al ser regulado mediante el uso de un invernadero, se consiguen ampliar las temporadas de las diferentes especies que pueden crecer en él, llegando incluso a poderse cultivar variedades temporales a lo largo de todo el año.

2.1.2.2. Precipitaciones

El agua es necesaria para el desarrollo de cualquier vegetal. Al considerarse este cultivo como uno de regadío intensivo, este parámetro marcará sobre todo las dotaciones del agua que proporcione el municipio, ya que el riego no se producirá de forma directa por las precipitaciones.

2.1.2.3. Humedad

Durante la fase vegetativa de las plantas juega un factor muy importante, ya que limita o facilita el crecimiento de las mismas. En períodos vegetativos, debe situarse en valores entre el 70 % y el 80 %, lo cual ayuda al desarrollo foliar y hace que mantenga mejor la humedad relativa dentro de las bandejas donde se sitúan las raíces. Si este valor se excede o se reduce demasiado, las plantas bloquean su crecimiento, lo que paraliza la producción.

Si es menor que este rango, será necesario aplicar más agua en el riego, pero, al situarse dentro de un invernadero, el agua evaporada elevará la humedad relativa dentro del mismo, por lo que tenderá a estabilizarse.

Si es mayor, también se producirá un mayor riesgo de infecciones fúngicas en el cultivo, siendo estas difíciles de erradicar por completo. Para regular este parámetro en el invernadero, se debe contar con un sistema de recirculación del aire dentro del espacio de cultivo y la disposición de las ventanas debe facilitar la salida de este exceso de humedad al exterior.

2.1.2.4. Radiación solar

Dado que la luz y la exposición solar de las plantas son el parámetro que más rápidamente limitará el crecimiento, también supone un riesgo crítico. Una sobreexposición a la radiación solar, como son los rayos UV (ultravioleta), generará quemaduras en la masa foliar de las plantas, lo que incluso puede matar a aquellas especies más sensibles en sus etapas iniciales de crecimiento.

Para controlar esta radiación y evitar la sobreexposición, se instalarán mallas de sombreo dentro del invernadero, ya que limitarán la cantidad de luz solar que incidirá directamente sobre las mesas de cultivo.

2.1.2.5. Evapotranspitación (ETo)

Se trata del parámetro que mide la vuelta del agua a la atmósfera (evaporación) combinada con el mismo proceso, pero en el ámbito biológico (transpiración). Este factor es necesario para poder planificar la gestión de los recursos hídricos dentro de un cultivo y así poder estimar los requerimientos hídricos que demandará cada especie a cultivar.

2.1.3. Datos meteorológicos

Los datos han sido recogidos del portal electrónico del Ministerio de Transición Ecológica el Reto Demográfico (MITECO) en el que se facilitan los datos climatológicos del estado español.

Haciendo uso de esta plataforma web se han recopilado los datos de 20 años en la provincia de Almería, centrándose en las estaciones de Adra y La Mojonera, ya que son las más cercanas con un historial lo suficientemente amplio para este estudio. El Ejido se encuentra entre ambas: a 18 km de distancia de Adra y a 11km de La Mojonera.

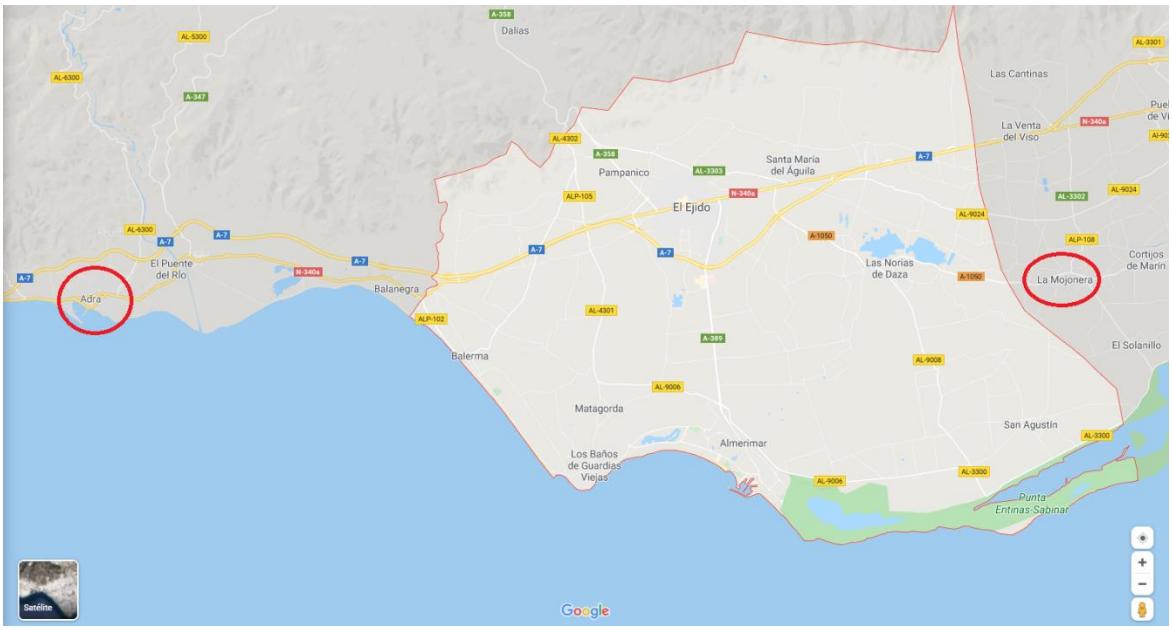


Ilustración 9: Vista aérea de la localización de las estaciones meteorológicas. Fuente: Google Maps.

2.1.3.1. Adra

Temp. media (ºC)	Hum. media (%)	Radiación (MJ/m2)	Precipitación (mm)	EtPMon	Fecha
21,82	72,83	19,57	4,2	95,3	01/09/2000
18,05	74,52	14,07	61,8	76,61	01/10/2000
14,77	67,59	10,54	8,6	61,2	01/11/2000
13,6	70,32	7,52	145,6	53,64	01/12/2000
13,45	66,28	10,72	23,2	63,25	01/01/2001
13,53	66,3	14,63	10,8	70,18	01/02/2001
15,99	73,84	11,27	30,2	14,74	01/03/2001
16,19	69,54	18,79	4,4	14,74	01/03/2001
15,99	73,84	11,27	30,2	83,33	01/03/2001

16,19	69,54	18,79	4,4	83,33	01/03/2001
16,9	70,26	22,98	1,2	116,47	01/04/2001
18,26	69,66	24,55	59	135,08	01/05/2001
22,77	67,8	27,72	0,2	158,14	01/06/2001
22,63	73,48	25,42	0,2	161,23	01/07/2001
25,27	75,17	22,84	5	147,5	01/08/2001
23,27	74,42	18,35	24,6	110,29	01/09/2001
20,99	70,42	14,26	54,4	86,49	01/10/2001
14,82	64,06	9,67	35,6	55,91	01/11/2001
12,76	65,98	7,57	24,8	42,59	01/12/2001
12,94	68,42	10,83	3,2	50,97	01/01/2002
13,44	64,62	14,56	0,4	61,07	01/02/2002
14,92	69,16	16,94	71	90,16	01/03/2002
16,23	67,3	21,89	40	114,77	01/04/2002
18,39	65,08	25,52	7,4	144,63	01/05/2002
21,64	70,88	25,38	0	149,98	01/06/2002
24,23	70,56	25,62	0,2	160,23	01/07/2002
23,67	72,83	23,78	0,4	144,54	01/08/2002
21,51	74,46	19,69	2,8	108,3	01/09/2002
19,16	68,14	14,43	6,6	85,27	01/10/2002
15,99	68,45	10,53	110,8	56,14	01/11/2002
14,54	66,4	9,02	23,4	49,26	01/12/2002
12,41	59,25	11,22	32	66,32	01/01/2003
12,33	64,76	11,64	82	58,31	01/02/2003
14,97	68,02	14,52	35,6	80,04	01/03/2003
16,05	68,91	20,71	24,4	109,58	01/04/2003
19,26	70,01	25,05	4,8	139,8	01/05/2003
23,61	71,8	25,82	2	157,65	01/06/2003
23,34	72,5	26,58	0	159,98	01/07/2003
25,4	69,11	24,11	0,2	152,19	01/08/2003
22,81	71,02	19,34	0,6	115,27	01/09/2003
19,34	71,99	12,29	61,8	76,8	01/10/2003
15,9	68,71	10,05	39,2	58,79	01/11/2003
13,14	63,71	9,41	41,2	55,29	01/12/2003
13,05	65,36	11,3	0,6	57,34	01/01/2004
13,01	67,14	12,12	38,2	61,06	01/02/2004
13,98	70,69	15,35	62,6	83,23	01/03/2004
15,64	65,38	22,65	78,4	118,73	01/04/2004

17,45	69,7	23,93	31,4	133,07	01/05/2004
22,37	69,05	26,56	0,4	155,37	01/06/2004
22,89	71,02	25,88	3,8	159,17	01/07/2004
18,16	73,11	23,74	0	111,21	01/08/2004
22,56	73,36	18,56	1,2	107,51	01/09/2004
19,76	68,35	14,94	15,2	89,4	01/10/2004
14,96	63,62	10,81	10,8	57,92	01/11/2004
13,18	58,93	9,38	53,4	50,04	01/12/2004
10,7	58,66	11,48	3	55,09	01/01/2005
10,87	58,75	13,74	78,6	64,37	01/02/2005
13,75	69,67	17,44	27,2	83,49	01/03/2005
16,1	65,64	23,16	1,4	116,27	01/04/2005
19,34	66,23	24,78	1,4	147,86	01/05/2005
22,9	64,51	27,41	0	158,91	01/06/2005
24,23	69,26	26,13	0	160,93	01/07/2005
24,31	69,32	22,87	1,4	145,22	01/08/2005
21,48	69,2	20,02	0,8	113,81	01/09/2005
19,73	69,3	14,52	6,4	79,39	01/10/2005
14,96	59,55	10,93	13,6	51,85	01/11/2005
12,82	61,42	9,57	9,4	52,12	01/12/2005
11,77	65,47	8,71	43,4	31,39	01/01/2006
12,03	62,61	13,32	10,4	64,7	01/02/2006
14,28	66,44	18,68	19,2	93,69	01/03/2006
16,92	71,49	20,75	25,2	108,45	01/04/2006
20,01	70,9	21,16	15,8	124,7	01/05/2006
22,01	66,66	25,74	5	155,58	01/06/2006
24,57	67,37	26,11	0	162,25	01/07/2006
23,98	69,22	24,28	0	149,99	01/08/2006
22,13	70,12	19,55	33,2	106,33	01/09/2006
19,86	70,2	14,32	6,8	79,36	01/10/2006
17,01	65,38	10,36	46,6	52,84	01/11/2006
13,05	60,28	9,7	25,6	49,63	01/12/2006
12,2	62,48	10,62	21,8	52,66	01/01/2007
14,36	64,2	13,24	18,6	67,44	01/02/2007
14,28	57,09	19,17	4,2	104,03	01/03/2007
15,8	67,85	19,42	47,8	101,72	01/04/2007
18,55	64,2	26,16	22,8	147,4	01/05/2007
21,24	67,17	28,15	0,2	161,76	01/06/2007

23,89	69,34	27,53	0	169,99	01/07/2007
25,18	67,62	23,67	0,2	156,2	01/08/2007
23,23	68,57	18,34	48,6	112,27	01/09/2007
19,9	65,59	14,48	34,8	84,99	01/10/2007
15,73	60,89	11,74	6,8	64,82	01/11/2007
13,54	59,44	9,89	25,4	49,08	01/12/2007
13,27	64,8	10,66	30,4	57,31	01/01/2008
14,2	63,2	12,54	40,6	60,36	01/02/2008
15,28	57,44	20,27	3,2	112,46	01/03/2008
16,76	58,8	23,98	10,8	133,13	01/04/2008
17,64	70,96	25,56	59,8	138,76	01/05/2008
21,76	66,19	29,19	0	162,73	01/06/2008
24,41	70,82	26,59	0,4	170,71	01/07/2008
25,44	72,08	24,75	0	157,4	01/08/2008
22,56	69,02	19,1	15	121,51	01/09/2008
19,94	65,1	13,58	45,2	96,21	01/10/2008
14,08	60,37	11,94	100,2	68,57	01/11/2008
11,92	58,8	9,63	51,6	54,91	01/12/2008
11,64	63,46	9,24	30,6	57,68	01/01/2009
12,15	64,28	14,28	77	67,45	01/02/2009
14,39	62,94	19	31	102,23	01/03/2009
15,49	61,45	24,17	3,8	127,34	01/04/2009
19,04	64,22	26,89	2,4	156,22	01/05/2009
21,74	68,37	26,52	1	160,48	01/06/2009
24,14	71,28	26,42	0,2	165,55	01/07/2009
25,97	66,74	24,06	0	157,62	01/08/2009
22,74	63,28	19,29	24,6	126,46	01/09/2009
20,65	66,86	16,37	13,4	89,34	01/10/2009
16,97	59,53	11,79	10,8	58,76	01/11/2009
13,9	65,35	8,09	250,2	55,52	01/12/2009
12,2	63,1	9,57	108,4	57,26	01/01/2010
13,13	68,58	11,02	149,8	62,56	01/02/2010
14,1	66,24	15,36	92,2	85,62	01/03/2010
16,68	66,5	22,07	23	116,36	01/04/2010
18,42	60,69	28,32	0	160,07	01/05/2010
21,11	67,84	27,96	0	156,42	01/06/2010
25,26	68,29	25,72	0	169,94	01/07/2010
25,98	69,68	23,72	3,4	147,71	01/08/2010

22,87	66,76	20,02	3,6	116,72	01/09/2010
18,6	73,37	15,59	30	80,66	01/10/2010
14,63	69,72	10,58	83,2	54,29	01/11/2010
13,24	74,48	8,12	162,4	41,06	01/12/2010
12,86	70,67	9,29	37	47,2	01/01/2011
13,1	67,8	14,09	36,4	63,55	01/02/2011
14,49	70,78	15,87	61,4	83,55	01/03/2011
17,97	71,78	19,78	23	107,3	01/04/2011
19,85	76,19	21,89	43,6	125,37	01/05/2011
22,05	81,92	25,62	2,8	140,93	01/06/2011
24,14	79,02	25,57	0,4	153,7	01/07/2011
25,65	80,03	24,83	0,6	152,02	01/08/2011
22,98	77,26	20,72	10,8	111,78	01/09/2011
20,41	70,61	15,4	47,4	82,19	01/10/2011
16,37	70,93	10,94	56,6	50,69	01/11/2011
13,4	67,47	9,94	0	45,24	01/12/2011
12,2	71,51	10,75	12	44,96	01/01/2012
11,46	55,67	15,18	5	64,55	01/02/2012
14,44	68,36	19,09	18,8	88,02	01/03/2012
15,34	71,75	23,53	5,8	115,4	01/04/2012
19,02	70,61	27,12	1	144,85	01/05/2012
22,7	78,18	26,61	3,6	149,43	01/06/2012
24,22	76,58	25,95	0	153,17	01/07/2012
25,19	81,96	22,01	0,4	133,29	01/08/2012
22,89	72,89	17,16	28,8	96,04	01/09/2012
18,84	76,82	13,81	55	68,08	01/10/2012
15,93	78,07	8,68	102,2	38,93	01/11/2012
13,54	71,79	8,71	1,4	38,56	01/12/2012
13,16	62,55	10,54	22,6	52,96	01/01/2013
12,74	59,62	14,5	21,6	62,5	01/02/2013
14,7	74,18	16,46	83,6	83,44	01/03/2013
16	78,45	20,98	13	99,15	01/04/2013
17,68	79,61	24,75	12	124,29	01/05/2013
20,76	73,89	29,19	0	153,64	01/06/2013
24,48	73,76	28,24	0	166,08	01/07/2013
25,77	78,59	24,03	0	144,98	01/08/2013
23,38	80,54	19,19	10,8	105,26	01/09/2013
20,46	80,24	15,27	2	73,77	01/10/2013

15	68,95	10,49	2,8	48,85	01/11/2013
13,28	71	8,45	60,6	43,06	01/12/2013
13,24	74,73	9,36	33,2	43,4	01/01/2014
13,64	75,41	12,92	34	55,88	01/02/2014
14,83	70,21	18,9	12,4	92,87	01/03/2014
17,31	81,72	22,87	5,2	108,99	01/04/2014
19,3	79,86	25,57	0,4	136,69	01/05/2014
22,04	80,9	27,36	11	150,29	01/06/2014
23,16	87,73	27,1	0,4	153,34	01/07/2014
24,38	89,31	23,43	0,2	136,11	01/08/2014
23,34	83,66	18,05	18,6	99,07	01/09/2014
20,82	80,42	14,43	24,4	74,34	01/10/2014
16,58	69,15	9,22	48	46,92	01/11/2014
13,13	62,36	9,16	3,2	46,24	01/12/2014
12,36	61,28	10,52	20,4	49,24	01/01/2015
12,83	55,9	12,76	39,8	62,01	01/02/2015
13,85	73,5	16,35	63,2	77,74	01/03/2015
16,77	75,29	19,23	21	98,96	01/04/2015
19,71	69,61	23,79	2,6	98,88	01/05/2015
22,49	64,44	26,58	0,4	149,71	01/06/2015
26,57	78,45	26,03	0	161,85	01/07/2015
26,03	77,69	22,54	0,8	138,58	01/08/2015
22,44	76,16	19,3	101,6	101,97	01/09/2015
19,89	79,87	13,57	133	67,9	01/10/2015
16,01	72,48	11,38	45	50,7	01/11/2015
13,91	74,52	8,58	0,2	36,68	01/12/2015
13,45	75,28	9,49	3	39,38	01/01/2016
13,89	65,07	12,74	14	60,2	01/02/2016
13,74	66,68	18,46	10,8	85,53	01/03/2016
16,39	76,86	21,64	15,2	103,25	01/04/2016
18,2	76,54	24,34	22	129,08	01/05/2016
21,29	77,65	27,05	1,8	145,72	01/06/2016
24,78	78,06	25,5	0,2	155,47	01/07/2016
24,82	81,76	23,05	0,2	140,27	01/08/2016
23,18	77,5	18,16	2	101	01/09/2016
20,52	82,21	13,55	23,6	69,78	01/10/2016
15,63	71,54	9,66	73	44,64	01/11/2016
13,93	77,41	8,4	90,5	36,26	01/12/2016

12,11	66,61	9,5	34,1	44,74	01/01/2017
14,83	71,76	11,79	6,2	57,7	01/02/2017
15,1	69,23	17,68	55,3	94,59	01/03/2017
16,63	77,08	21,75	20,1	109,87	01/04/2017
19,49	78,65	25,82	0	143,01	01/05/2017
23,46	81,76	26,37	0	152,77	01/06/2017
24,23	83,28	25,06	0	154,4	01/07/2017
25,53	84,73	20,48	21,7	133,21	01/08/2017
22,82	78,87	20,82	0	116,89	01/09/2017
20,5	80,66	15,67	23,7	83,03	01/10/2017
15,71	71,78	11,51	47,2	57,73	01/11/2017
12,68	68,46	10,22	8,3	57,23	01/12/2017
12,83	66,42	10,38	14,8	60,01	01/01/2018
12,21	64,63	13,76	11,4	66,73	01/02/2018
14,29	68,68	17,01	148,4	101,04	01/03/2018
16,19	68,38	21,51	32,9	117,33	01/04/2018
18,24	71,2	24,83	0,9	135,69	01/05/2018
21,21	73,18	27,59	0,4	154,34	01/06/2018
22,69	78,6	26,34	0,4	118,34	01/07/2018
25,65	76,18	25,16	0,2	154,89	01/08/2018
24,39	76,56	18,74	21,1	111,64	01/09/2018
19,41	72,49	13,94	87,9	83,29	01/10/2018
15,37	73,33	10,78	61,8	53,21	01/11/2018
13,48	72,16	10,03	8,2	44,01	01/12/2018
12,27	63,07	11,54	0,4	54,85	01/01/2019
12,66	64,98	15,93	12,3	66,05	01/02/2019
15,09	63,67	19,23	2,9	99,81	01/03/2019
15,9	68,3	22,13	39	112,95	01/04/2019
19,37	69,05	27,16	0	150,68	01/05/2019
21,34	70,27	28,06	0,8	155,94	01/06/2019
24,02	74,57	25,16	0,1	159,41	01/07/2019
24,95	75,12	23,9	0,1	146,24	01/08/2019
23,67	73,17	19,1	2,5	115,01	01/09/2019
19,1	71,35	15,39	7,6	81,29	01/10/2019
15,17	63,13	11,24	71,2	67,22	01/11/2019
14,5	69,01	8,86	26,2	50,51	01/12/2019
12,24	70,95	9,95	20,2	47,51	01/01/2020
14,19	74,52	14,36	0,4	60,53	01/02/2020

15,72	66,24	16,23	50,6	92,55	01/03/2020
16,53	77,1	19,01	24,4	98,15	01/04/2020
20,18	69,5	26,04	3,6	152,16	01/05/2020
20,68	72,66	28	0	47,09	01/06/2020

Tabla 12: Datos medios agroclimáticos de Adra (2000-2020). Fuente: Ministerio para Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO)

2.1.3.2. La Mojonera

Temp. media (ºC)	Hum. media (%)	Radiación (MJ/m2)	Precipitación (mm)	EtPMon	Fecha
23,42	61,31	28,58	0,2	190,07	01/06/2000
24,41	65,67	27,46	0	171,89	01/07/2000
25,27	57,88	24,32	0	177,5	01/08/2000
22,45	66,52	20,16	1	129,35	01/09/2000
18,05	68,27	14,61	76,2	82,89	01/10/2000
14,34	65,01	10,83	6	57,98	01/11/2000
12,97	70	8,16	123,2	49,06	01/12/2000
12,79	64,58	11,26	17,6	57,54	01/01/2001
12,95	64,57	14,96	23	68,43	01/02/2001
15,7	70,16	13,61	12,8	18,33	01/03/2001
16,31	62,41	19,57	1,2	18,33	01/03/2001
15,7	70,16	13,61	12,8	89,1	01/03/2001
16,31	62,41	19,57	1,2	89,1	01/03/2001
16,67	64,69	23,56	9,6	123,34	01/04/2001
18,62	60,78	25,96	34,4	152,87	01/05/2001
23,84	56,18	29,43	0	192,92	01/06/2001
24,28	60,27	27,53	0,6	190,23	01/07/2001
25,89	65,58	24,21	0	167,53	01/08/2001
23,03	69,36	18,98	28,8	122,86	01/09/2001
20,92	65,6	14,44	37,8	96,19	01/10/2001
14,42	60,97	9,91	27,2	57,25	01/11/2001
12,25	64,94	8,23	36,2	47,6	01/12/2001
12,53	65,69	10,79	2,4	54,28	01/01/2002
13	62,28	15,1	0,4	62,96	01/02/2002
14,6	63,29	17,88	97,2	100	01/03/2002
15,7	63,09	23,07	46,8	121,04	01/04/2002
18,52	56,81	26,33	7	159,41	01/05/2002
22,73	57,73	26,4	18,8	176,2	01/06/2002
24,63	61,21	26,69	1,4	181,74	01/07/2002

24,36	63,24	24,82	22,4	165,14	01/08/2002
22,07	66,6	20,62	5,4	124,98	01/09/2002
19,14	63,05	15,02	2,4	95,43	01/10/2002
15,49	66,85	10,87	90,4	56,93	01/11/2002
13,91	65,22	9,35	14	46,22	01/12/2002
11,68	58,44	11,63	16,8	60,29	01/01/2003
11,76	61,59	12,16	56,8	59,88	01/02/2003
14,46	64,08	15,78	28,8	96,74	01/03/2003
15,64	63,92	22,14	18,8	120,35	01/04/2003
19,35	60,98	25,94	2,4	155,98	01/05/2003
24,54	59,01	27,82	1	192,49	01/06/2003
25,31	56,23	28,53	0	195,79	01/07/2003
26,62	54,66	25,32	0	186,83	01/08/2003
23,22	62,4	21,46	1,2	137,33	01/09/2003
18,98	68,14	13,13	48	90,43	01/10/2003
15,35	66,71	10,56	45,6	57,4	01/11/2003
12,63	62,4	9,89	60	45,38	01/12/2003
12,66	63,28	11,62	0,4	48,69	01/01/2004
12,36	66,75	12,54	30,6	60,94	01/02/2004
13,21	69,61	15,57	60,4	82,78	01/03/2004
15,22	59,81	23,76	54,6	123,57	01/04/2004
17,22	64,38	24,61	15	141,61	01/05/2004
23,34	58,02	27,87	0	176,79	01/06/2004
25,33	62,1	27,39	19,4	187,77	01/07/2004
25,59	61,11	24,78	0	176,84	01/08/2004
23,57	66,29	19,15	0,6	121,69	01/09/2004
19,87	63,38	16,12	1,4	98,11	01/10/2004
14,87	60,54	11,52	5,8	54,58	01/11/2004
13,03	56,09	9,98	34,8	53,6	01/12/2004
10,63	58,17	12,19	3,4	47,96	01/01/2005
10,51	56,1	14,05	61,2	61,21	01/02/2005
13,21	67,18	17,8	8,2	90,28	01/03/2005
15,88	61,51	24,37	0	124,7	01/04/2005
20,04	54,76	26,8	2,4	168,85	01/05/2005
23,68	54,4	29,31	0,2	180,28	01/06/2005
25,5	57,42	28,36	0	193,69	01/07/2005
24,99	60,29	24,39	3	165,54	01/08/2005
21,95	62,21	21,26	0	130,67	01/09/2005

19,4	66,59	15,73	5,2	89,56	01/10/2005
14,75	56,9	11,51	14,8	59,18	01/11/2005
12,42	60,02	9,7	6,6	50,05	01/12/2005
11,14	64,06	9	104,6	44,13	01/01/2006
11,61	61,89	14,64	6	61,91	01/02/2006
14,29	61,8	20,31	21	100,9	01/03/2006
16,89	66,42	22,32	28,8	120,41	01/04/2006
20,01	66,78	22,14	26,8	140,31	01/05/2006
22,7	56,78	27,25	9,2	179,99	01/06/2006
26,14	55,59	28,61	0,8	201,57	01/07/2006
25	59,78	26,46	0,2	179,84	01/08/2006
22,79	61,9	21,56	70	129,88	01/09/2006
20,22	65,54	15,81	2,2	94,22	01/10/2006
16,89	62,34	11,05	18,2	59,28	01/11/2006
12,81	57,88	10,27	19,8	46,07	01/12/2006
11,84	65,05	10,88	43,6	44,22	01/01/2007
13,98	64,01	14,05	8,4	63,77	01/02/2007
14,09	54,77	19,62	5,4	101,1	01/03/2007
15,76	62	20,34	28,8	113,73	01/04/2007
19,35	55,57	27,64	5,8	162,96	01/05/2007
22	60,18	29,79	0,2	180,02	01/06/2007
25,07	59,22	29,78	0	196,49	01/07/2007
26,03	59,85	25,52	0	183,7	01/08/2007
22,99	65,5	19,49	35,8	128,11	01/09/2007
19,49	64,54	15,4	52,8	87,21	01/10/2007
15,4	61,1	12,64	6,4	59,14	01/11/2007
13,35	58,63	10,6	28,2	48,59	01/12/2007
12,93	65,42	11,39	17,2	49,94	01/01/2008
13,9	62,83	13,13	29,2	75,45	01/02/2008
14,93	55,71	20,89	3	107,47	01/03/2008
16,68	53,05	25,94	8	143,36	01/04/2008
17,64	66,67	26,57	52,2	148,32	01/05/2008
22,42	58,18	30,34	0	177,27	01/06/2008
25,08	63,85	28,3	1,6	190,6	01/07/2008
25,79	66,36	25,91	0	171,84	01/08/2008
22,66	65,16	20,06	21	129,91	01/09/2008
19,54	64,11	14,28	51,6	94,84	01/10/2008
13,55	60,2	12,8	113	58,42	01/11/2008

11,56	58,26	9,85	74,2	41,45	01/12/2008
10,91	62,56	9,98	25,6	44,58	01/01/2009
11,5	64,15	15,58	51,6	64,45	01/02/2009
13,99	60,41	20,02	64,2	102,14	01/03/2009
15,11	59,55	24,97	4,6	125,92	01/04/2009
19,71	56,65	28,46	3,6	171,34	01/05/2009
22,74	60,8	29,07	0,6	180,57	01/06/2009
25,54	62,34	28,6	0,4	192,33	01/07/2009
26,35	61,65	25,68	0	172,9	01/08/2009
22,91	58,73	20,03	32,8	136,62	01/09/2009
20,69	63,76	16,97	6,6	93,83	01/10/2009
16,85	60,31	12,24	11	56,88	01/11/2009
13,2	68,56	8,38	255	50,06	01/12/2009
11,8	63,47	10,03	112	51,64	01/01/2010
12,48	70,08	11,37	130	59,41	01/02/2010
13,4	66,1	16,36	98,2	89,96	01/03/2010
16,61	63,17	23,94	21,4	125,62	01/04/2010
18,8	54,47	29,55	1,82	165,37	01/05/2010
22,14	58,16	28,14	0,61	167,9	01/06/2010
26,41	58,5	25,86	0	188,25	01/07/2010
26,5	62,82	23,95	32,51	164,69	01/08/2010
23,26	61,14	20,02	5,45	124,05	01/09/2010
18,58	64,87	15,57	20,69	84,98	01/10/2010
14,19	63,04	10,13	92,6	54,11	01/11/2010
12,66	65,92	8,59	112,2	46,13	01/12/2010
12,13	63,74	9,45	31,6	49,64	01/01/2011
12,49	60,94	14,77	22	59,29	01/02/2011
14,32	59,73	17,48	29,8	97,87	01/03/2011
18,17	57,71	21,11	27,6	127,57	01/04/2011
20,1	60,72	23,57	52,6	147,95	01/05/2011
22,65	65,36	26,64	3	159,28	01/06/2011
25,21	62,09	26,32	0,2	176,13	01/07/2011
26,33	63,4	24,82	0,8	177,73	01/08/2011
23,61	61,92	21,47	5	134,6	01/09/2011
20,41	59,78	15,4	29,6	90,72	01/10/2011
16,39	62,07	11,19	47,8	59,23	01/11/2011
13,22	65,18	9,83	2,4	40,7	01/12/2011
12,12	66,98	10,96	22,4	44,99	01/01/2012

10,78	51,84	14,85	8,6	63,5	01/02/2012
14,08	61,73	18,88	13	96,31	01/03/2012
15,1	65,3	23,95	9,4	123,75	01/04/2012
19,92	57,08	27,09	0,4	163,89	01/05/2012
23,55	65,49	27,89	3,4	175,4	01/06/2012
24,96	62,37	27,55	0	183,67	01/07/2012
26,24	67,59	24,72	1,8	170,69	01/08/2012
22,49	68,18	19,33	29,8	98,4	01/09/2012
18,82	71,47	14,49	41,8	77,86	01/10/2012
15,52	75,69	9,53	68,6	45,13	01/11/2012
13,16	70,07	9,74	1,4	39,47	01/12/2012
12,81	60,55	11,13	17,2	54,62	01/01/2013
12,14	56,51	14,31	19,2	64,03	01/02/2013
14,04	68,96	16,49	48,4	95,07	01/03/2013
15,58	68,77	21,29	11	111,01	01/04/2013
17,25	68,93	24,4	24,6	132,49	01/05/2013
21,36	56,53	29,46	0	173,37	01/06/2013
24,84	59,67	27,83	0	181,07	01/07/2013
25,64	66,81	24,19	5,6	159,03	01/08/2013
23,14	71,24	19,25	6,6	118,84	01/09/2013
20,48	71,03	15,21	0,8	83,75	01/10/2013
15,02	60,74	10,97	31,6	46,44	01/11/2013
12,76	64,84	9,09	37,2	47,03	01/12/2013
12,64	67,27	9,55	20	47,71	01/01/2014
12,83	66,72	13	28,4	63,12	01/02/2014
14,34	58,14	18,86	17,6	102,85	01/03/2014
17,51	63,21	23,25	3	123,92	01/04/2014
18,88	63,65	25,49	0	150,7	01/05/2014
22,3	62,38	27,18	19,6	169,38	01/06/2014
24,04	66,79	26,99	0	173,57	01/07/2014
25,14	70,32	24,32	0	158,57	01/08/2014
23,55	67	19,51	19,6	125,02	01/09/2014
20,97	64,6	15,47	27	92,48	01/10/2014
16	68,45	10,18	43,2	52,41	01/11/2014
12,62	61,48	10,43	6,4	40,74	01/12/2014
11,78	62,2	12,01	14,6	50,9	01/01/2015
12,1	53,31	14,24	39,8	65,55	01/02/2015
13,85	66,79	17,99	39	86,03	01/03/2015

16,6	69,28	21,42	26	120,22	01/04/2015
20,28	59,64	25,59	3	158,78	01/05/2015
23,34	50,95	27,93	0,8	174,43	01/06/2015
27,25	67,54	26,76	0,2	177,67	01/07/2015
26,4	67,05	23,8	0,6	163,85	01/08/2015
22,27	66,74	21	15,6	124,68	01/09/2015
20,03	72,96	15,04	73,4	81,05	01/10/2015
16,29	67,99	13	40,4	51,2	01/11/2015
14,36	69,83	10,56	0	38,35	01/12/2015
13,51	71,73	10,57	3,4	46,33	01/01/2016
13,87	61,63	15,52	10	73,71	01/02/2016
13,94	62,03	19,37	7,2	89,09	01/03/2016
16,39	69,06	22,16	25,2	116,39	01/04/2016
18,76	64,78	22,99	14,4	129,34	01/05/2016
22,96	60,78	27,55	1,6	168,48	01/06/2016
26,16	60,6	25,54	0,4	178,97	01/07/2016
25,66	66,09	24,73	0	169,33	01/08/2016
24,13	62,98	20,7	1,6	124,46	01/09/2016
20,68	74,09	14,47	27,6	79,59	01/10/2016
15,1	66,04	10,34	87	50,05	01/11/2016
13,48	69,68	8,64	113,5	36,62	01/12/2016
11,28	61,21	9,61	36,6	41,78	01/01/2017
14,3	63,14	12	2,7	66,13	01/02/2017
14,97	57,14	17,87	43,9	99,3	01/03/2017
16,47	63,3	22,56	13,9	121,44	01/04/2017
20,08	58,47	26,88	0	161,34	01/05/2017
24,22	61,64	27,52	0	171,67	01/06/2017
25,42	61,84	26,67	0,3	176,95	01/07/2017
25,71	68,26	21,54	23,9	147,27	01/08/2017
22,71	66,19	21,11	0,2	120,33	01/09/2017
20,26	67,02	16,29	29,3	82,87	01/10/2017
15,37	67,43	11,47	24,8	44,75	01/11/2017
12,48	64,59	10,15	44	43,32	01/12/2017
12,51	65,66	10,26	10,2	48,96	01/01/2018
11,65	66,23	14,21	10,2	54,94	01/02/2018
13,59	69,77	16,68	179,6	92,21	01/03/2018
15,42	64,95	21,79	50,8	118,46	01/04/2018
17,4	67,62	25,5	22,4	138,82	01/05/2018

22,07	64,41	28,51	5,6	166,69	01/06/2018
24,22	66,09	27,98	0,2	175,6	01/07/2018
26,63	65,13	25,44	0	168,04	01/08/2018
24,61	69,01	19,37	16,2	121,83	01/09/2018
19,09	70,91	13,6	102	80,88	01/10/2018
15,17	71,35	10,75	25,6	51,49	01/11/2018
13,38	70,85	9,78	13,6	35,72	01/12/2018
12,22	63,5	11,06	0,2	42,26	01/01/2019
12,43	64,21	15,49	8,2	60,77	01/02/2019
14,93	60,26	19,03	14,6	102,22	01/03/2019
15,45	69,76	21,07	58,4	107,49	01/04/2019
19,62	63,67	27,14	0,2	155,22	01/05/2019
21,98	63,81	28,38	0,6	165,04	01/06/2019
25,6	63,92	26,28	0,2	178,25	01/07/2019
26,16	66,31	24,93	0,2	164,03	01/08/2019
23,82	70,9	19,73	8,8	119,84	01/09/2019
19,48	69,58	16,14	28,2	79,06	01/10/2019
14,92	63,49	11,36	35,6	53,87	01/11/2019
14,19	69,5	8,77	30	43,26	01/12/2019
11,9	73,88	10,13	17,8	37,7	01/01/2020
14,08	73,67	14,96	1,2	57,08	01/02/2020
15,3	65,45	16,32	40	91,99	01/03/2020
15,88	76,02	18,38	40	97,52	01/04/2020
21,27	57,22	26,47	7,6	167,13	01/05/2020
21,16	69,93	28,24	1,2	49,06	01/06/2020

Tabla 13: Datos medios agroclimáticos de Adra (2000-2020). Fuente: Ministerio para Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).

2.1.4. Análisis de datos meteorológicos

2.1.4.1. Temperatura

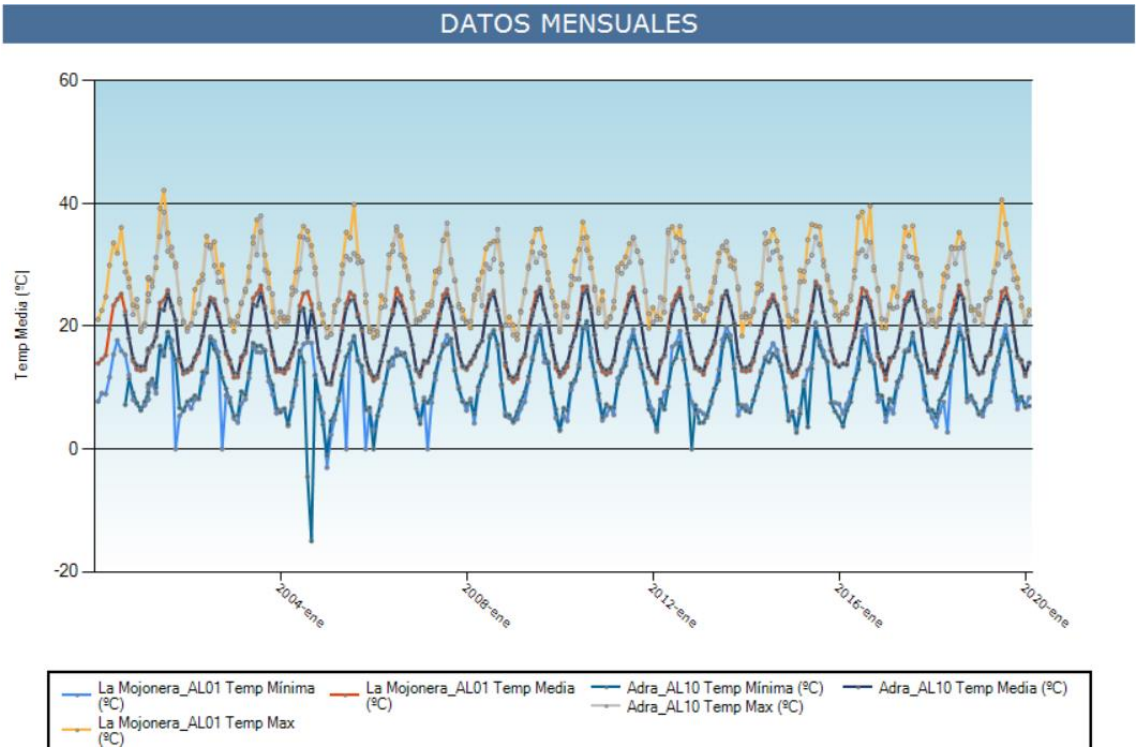


Ilustración 10: Gráfica datos medios de temperatura en Adra y La Mojonera (2000-2020). Fuente: Ministerio para Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).

Como es de esperar, ambas poblaciones presentan unos valores de temperatura prácticamente iguales, a excepción de datos puntuales. Como se puede observar, la temperatura media a lo largo de los 20 años ronda los 20 °C, sobrepasando esta temperatura durante los meses estivales y quedando por debajo durante los meses invernales.

Los valores máximos pueden llegar a los 40 °C, aunque lo normal es que queden por debajo, rondando los 35 °C.

Sin embargo, los valores mínimos pueden disminuir dramáticamente, aunque, por lo general, no bajan nunca de los 0 °C, lo cual evita el riesgo de heladas durante las horas nocturnas, en las que la temperatura es menor.

2.1.4.2. Precipitaciones

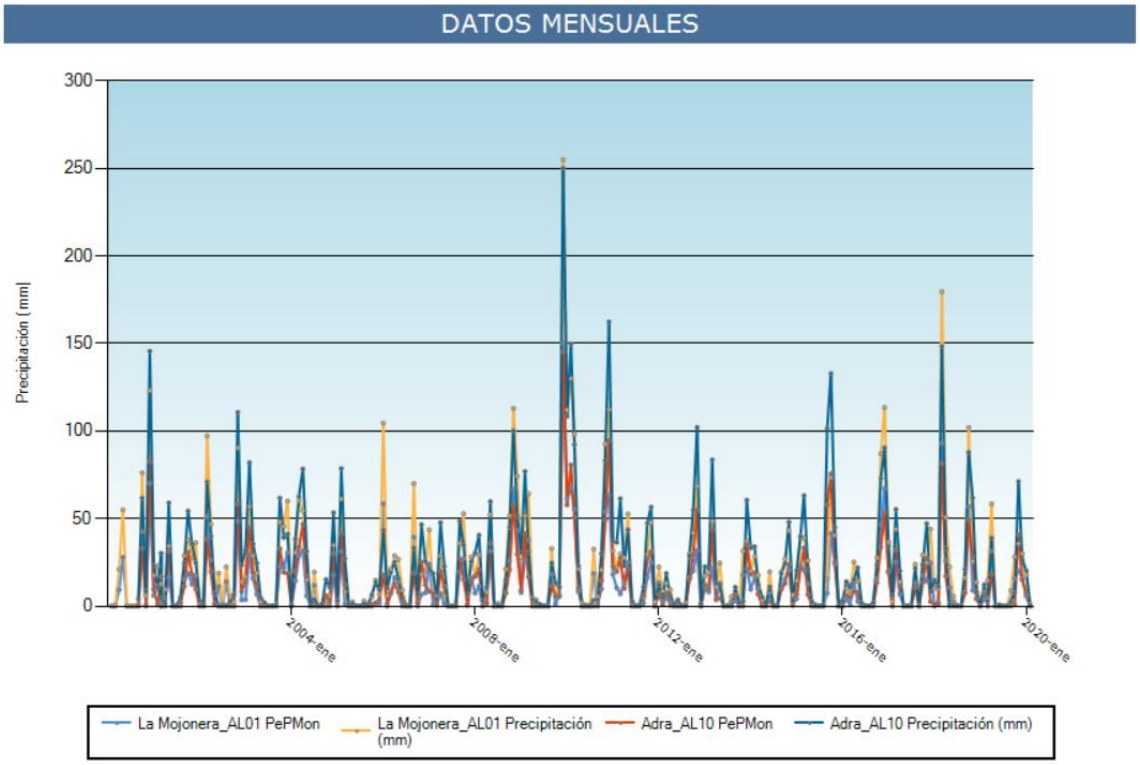


Ilustración 11: Gráfica datos medios de precipitaciones en Adra y La Mojonera (2000-2020). Fuente: Ministerio para Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).

Se puede apreciar en los datos que, en relación con las precipitaciones, existe una gran variabilidad en la región. Durante este período de 20 años, no hay un año igual que el anterior, por lo que la cantidad de agua que se precipitará es prácticamente impredecible. Esto se debe en mayor medida a la influencia del clima subdesértico que existe en el Poniente Almeriense.

Pese a todo, las precipitaciones suelen alcanzar un mínimo de 50 mm anuales, los cuales suelen caer durante los meses invernales, primaverales y otoñales, descendiendo drásticamente durante el verano.

Cabe destacar la aparición de fuertes temporales en los meses estivales que son capaces de descargar grandes cantidades de agua en un espacio muy corto de tiempo, causando graves daños y haciendo que esa agua no se pueda aprovechar como ocurriría si fuese una lluvia más estable y de menor intensidad.

2.1.4.3. Humedad

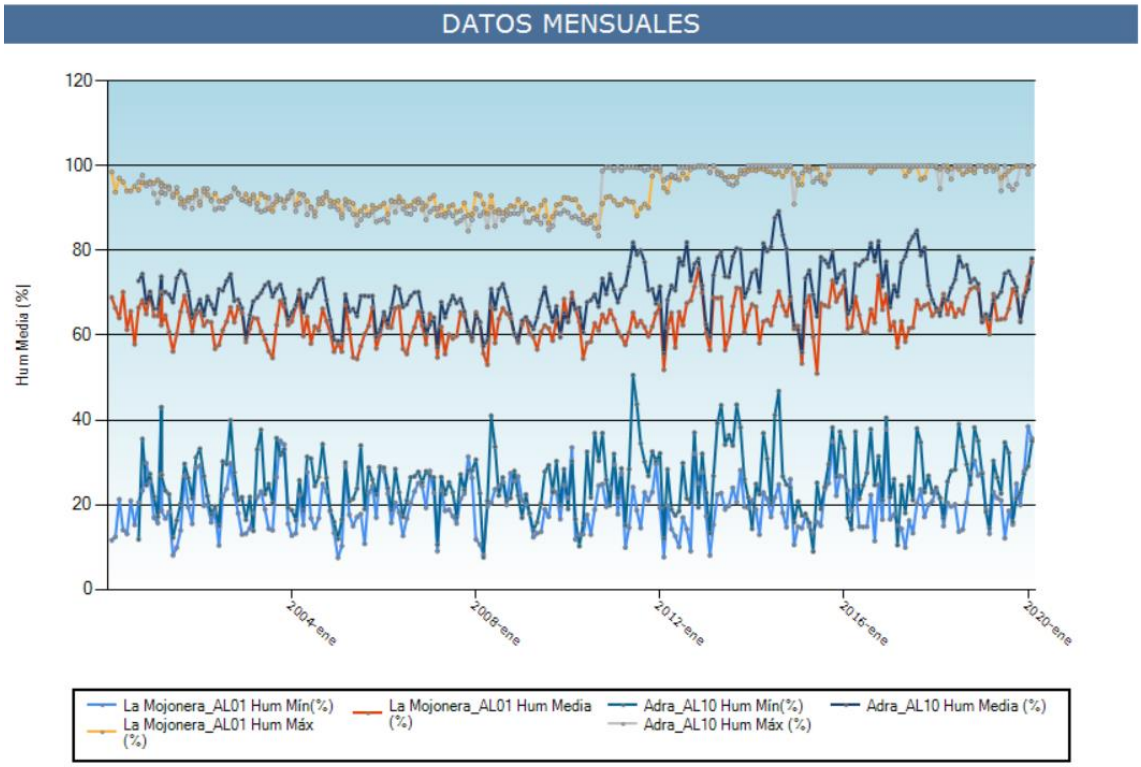


Ilustración 12: Gráfica datos medios de humedad en Adra y La Mojonera (2000-2020). Fuente: Ministerio para Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).

La humedad media de estos municipios se encuentra comprendida entre unos valores relativamente estables, entre el 60 % y el 80 %. La humedad máxima, en cambio, puede alcanzar en ocasiones el 100 % y la mínima descender del 20 %.

La existencia de valores tan altos de humedad se relaciona directamente con las horas nocturnas, en las que el relente del Mediterráneo empapa todas las zonas costeras. Esto se deduce de la estabilidad en los valores máximos, en los cuales existe muy poca variabilidad. El aumento de la humedad durante los últimos años puede estar relacionada con el aumento gradual de la temperatura del mar Mediterráneo, que cada vez evapora más agua, como se ha descubierto en recientes estudios en los que se mide un aumento tanto en temperatura como en salinidad, datos estrechamente relacionados.

Por el contrario, la sequedad presente de forma inestable se debe a otros factores climáticos, como el aumento de la temperatura o los vientos procedentes del norte de África, que arrastran el polvo del Sáhara y hacen que la humedad disminuya.

2.1.4.4. Radiación solar

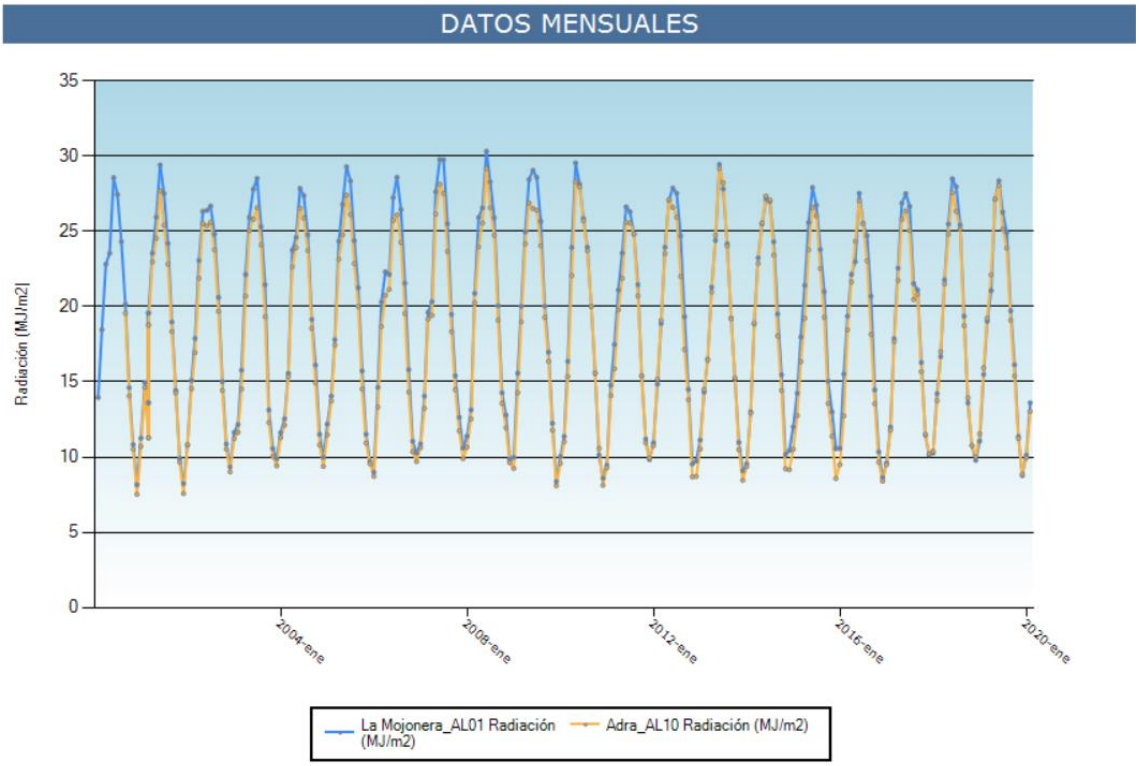


Ilustración 13 Gráfica datos medios de radiación en Adra y La Mojonera (2000-2020). Fuente: Ministerio para Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).

Como puede observarse en el gráfico, los valores de radiación son muy estables, con una clara diferenciación entre los meses invernales, en los que esta disminuye, y los meses estivales, en los cuales aumenta drásticamente.

Este factor va ligado a las horas de exposición solar, ya que se trata de una de las zonas con mayor incidencia de toda España al encontrarse al resguardo de la sierra de Gádor, que la protege del clima continental, sumado a su localización próxima a las Azores. Esto hace predominantes las zonas de altas presiones, lo que evita —en su mayor parte— la aparición de borrascas.

2.1.4.5. Evapotranspiración (ETo)

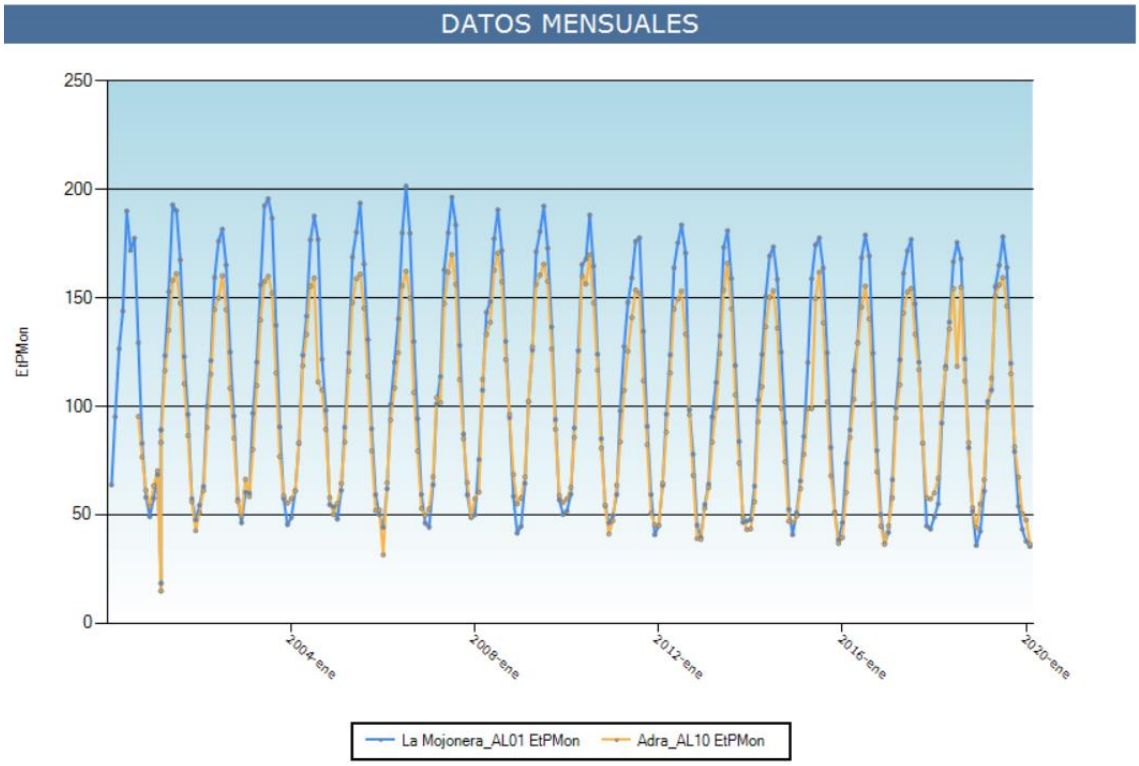


Ilustración 14: Gráfica datos medios de evapotranspiración en Adra y La Mojonera (2000-2020). Fuente: Ministerio para Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).

Cuando se observa esta gráfica, se ve claramente una correlación entre la evapotranspiración y la incidencia solar, pues presenta un patrón estable con claras diferencias entre verano e invierno.

Esto se debe principalmente a que, con el aumento de la temperatura y la incidencia solar, el agua se evapora con mayor facilidad, a la vez que las plantas necesitan transpirar mucho más para mantenerse sanas. Por estos mismos motivos, sucede todo lo contrario durante los meses invernales.

2.1.5. Conclusión

Esta región presenta unas condiciones adecuadas para el cultivo bajo invernadero al suplir este tipo de cultivo muchas de las carencias del clima existente.

La temperatura es adecuada al estar suavizada por la proximidad del mar Mediterráneo, presentando valores mínimos que limitarían las especies a cultivar, pero siendo reguladas

por el efecto invernadero permitirían mantener una temperatura bastante constante a lo largo de todo el año.

Las precipitaciones podrían representar un problema al presentarse de forma tan irregular, lo que inicialmente no permitiría mantener una producción constante a lo largo del tiempo. Este inconveniente queda solucionado al disponer de una balsa de riego tan cercana y al contar con una toma de agua directamente de la red general. Acompañando a estas ventajas, se sitúa el gran aprovechamiento que se consigue de los recursos hídricos mediante un sistema de cultivo aeropónico.

La humedad es un factor fácilmente regulable en un invernadero, ya que puede cerrarse herméticamente cuando la humedad sea excesiva en el exterior, abrir las ventanas cuando esta sea demasiado elevada en el interior y cuenta, además, con sistemas de recirculación de aire por medio de grandes ventiladores. Junto con el control de la humedad, se estabilizará el valor de la evapotranspiración, lo que limitará las pérdidas de agua producidas por este fenómeno.

Para el control de la radiación solar y evitar la sobreexposición — lo cual representa el mayor peligro en este ámbito—, se dispondrán mallas de sombreo en el interior del invernadero.

Datos medios (La Mojonera)	
Temperatura (°C)	18,3
Humedad (%)	63,5
Radiación (MJ/m2)	19,0
Precipitación (mm)	23,3
Eto (mm)	109,2

Tabla 14: Resumen datos medios agroclimáticos de La Mojonera (2000-2020).

Datos medios (Adra)	
Temperatura (°C)	18,1
Humedad (%)	70,1
Radiación (MJ/m2)	18,1
Precipitación (mm)	24,9
Eto (mm)	98,8

Tabla 15: Resumen datos medios agroclimáticos Adra (2000-2020).

Haciendo uso de los datos obtenidos de los dos municipios cercanos —de los cuales se dispone de un registro suficiente para este estudio—, se determina que El Ejido cuenta con los siguientes parámetros climáticos.

Datos medios (El Ejido)	
Temperatura (°C)	18,2
Humedad (%)	66,8
Radiación (MJ/m2)	18,5
Precipitación (mm)	24,1
ETo (mm)	104,0

Tabla 16: Resumen datos medios agroclimáticos de El Ejido (2000-2020).

LINARES, JUNIO DE 2020.

El alumno,

Fdo.: Pablo Jiménez.

2.2. Anexo II. Cálculos estructurales del invernadero

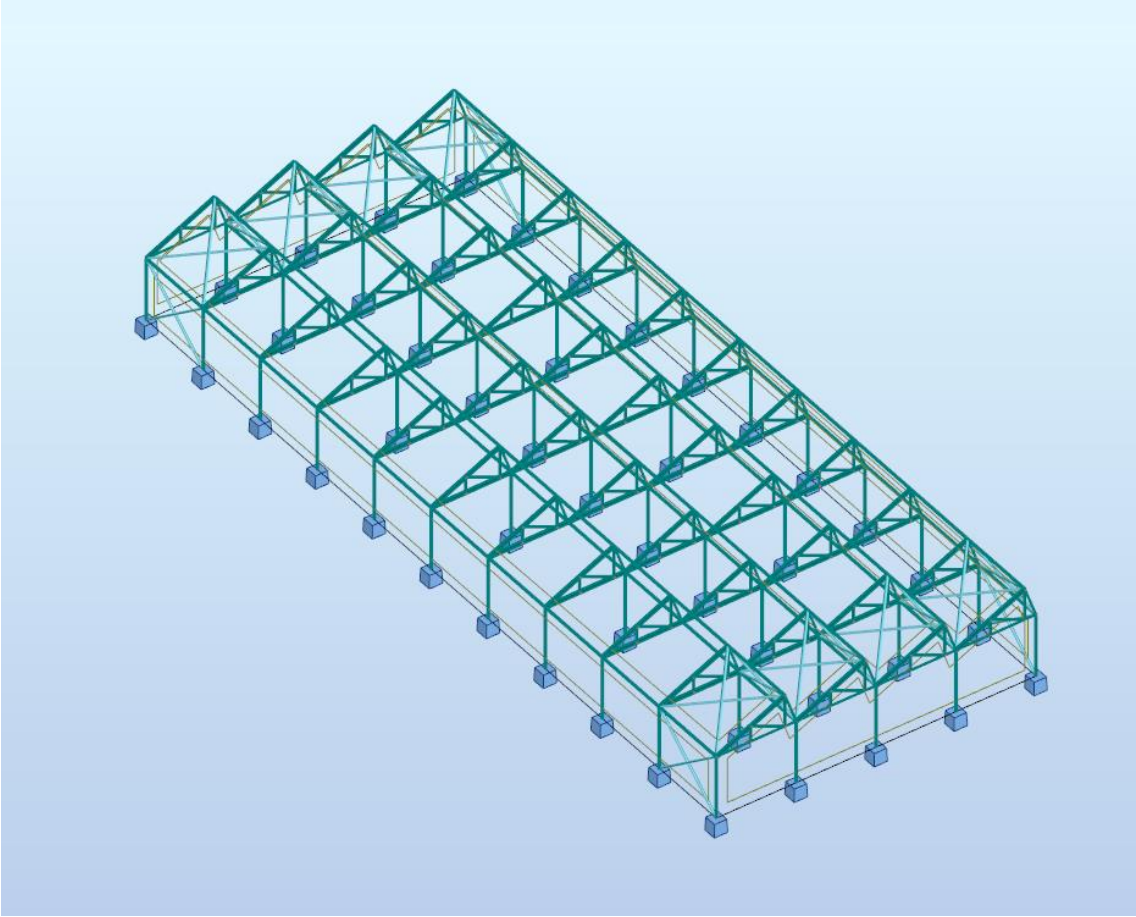


Ilustración 15: Vista 3D de la estructura del invernadero realizada en ROBOT.

2.2.1. Justificación del cálculo de la estructura

El cálculo estructural se realizará haciendo uso del programa de análisis estructural Autodesk Robot Structural Analysis Professional, versión de 2020. En él se aplicarán los criterios de cálculo marcados por la CTE. Estas bases son:

- Dimensionado de las secciones, comprobando su resistencia a Estados Límite Últimos (ELU) y de Servicio (ELS). El cumplimiento de estas comprobaciones asegurará la resistencia y la estabilidad de la estructura del invernadero.
- Las verificaciones se realizarán adecuando los parámetros de cálculo al tipo de estructura diseñada.
- La estructura cuenta con una longitud total de 50 metros y una anchura de 20 metros. A lo largo, se dividirá en 11 pórticos con una separación entre ellos de 5 metros. A lo ancho, se subdividirá en cuatro pórticos para formar las partes laterales, contando cada uno con una anchura de 5 metros.

- La inclinación de las cubiertas será de 25° para el agua orientada en dirección sur y una inclinación de 70,45° en el agua con orientación norte.
- La altura total del invernadero será de 6 metros.
- Los perfiles serán determinados por el cálculo de las secciones y su optimización para evitar sobrecostes en el diseño. Para evitar un uso excesivo de diferentes perfiles, se han agrupado aquellos que presentan una posición equivalente en la estructura.
- Se han añadido cruces de San Andrés en los extremos de la estructura para limitar la traslacionalidad de los pórticos.

2.2.2. Grupos de barras

En el diseño de esta estructura se han usado barras de acero prefabricadas S275 con una calidad JR, adecuada para la exposición a ambientes húmedos y marítimos.

Se han creado grupos de barras con la finalidad de evitar el uso de una variedad excesiva de perfiles y así facilitar la construcción del invernadero. Estos grupos son:

- **Pilares de los pórticos frontal y final**

En este grupo se incluyen los pilares que sustentan los pórticos, tanto inicial como final. Estos presentan una sección HEA 100.

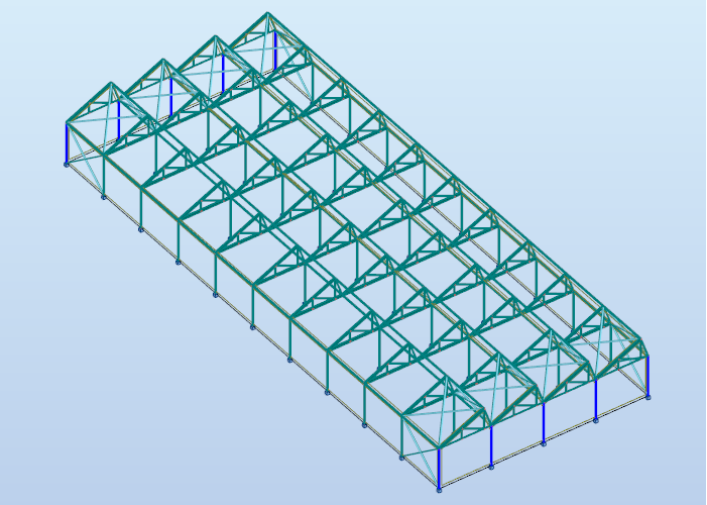


Ilustración 16: Vista 3D de la estructura del invernadero realizada en ROBOT en la que se marcan los pilares frontales y finales.

- **Viga central de los pórticos frontal y final**

Aquí se incluyen las vigas inferiores de la parte superior, tanto del pórtico inicial como final. Su sección es IPE 220.

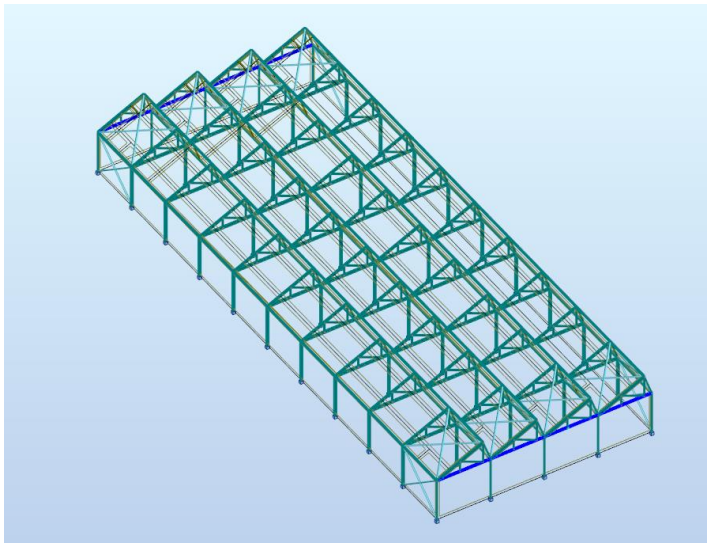


Ilustración 17: Vista 3D de la estructura del invernadero realizada en ROBOT en la que se marcan las vigas de los pórticos frontales y finales.

- **Cubierta sur de los pórticos frontal y final**

Estas vigas se sitúan en la cara sur de las cubiertas de los pórticos inicial y final. Tienen una sección IPE 220.

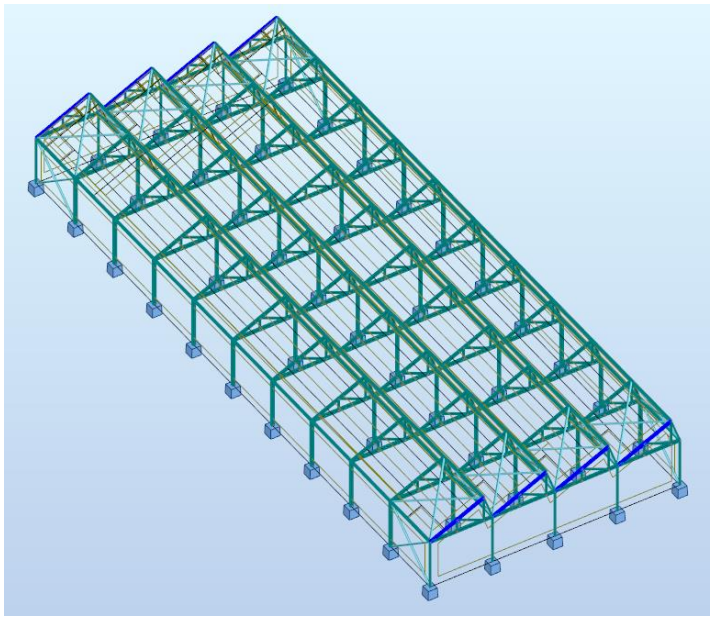


Ilustración 18: Vista 3D de la estructura del invernadero realizada en ROBOT en la que se marcan las vigas de la cubierta sur de los pórticos frontales y finales.

- **Cubierta norte de los pórticos frontal y final**

Estas vigas se sitúan en la cara norte de las cubiertas de los pórticos inicial y final. Tienen una sección IPE 80.

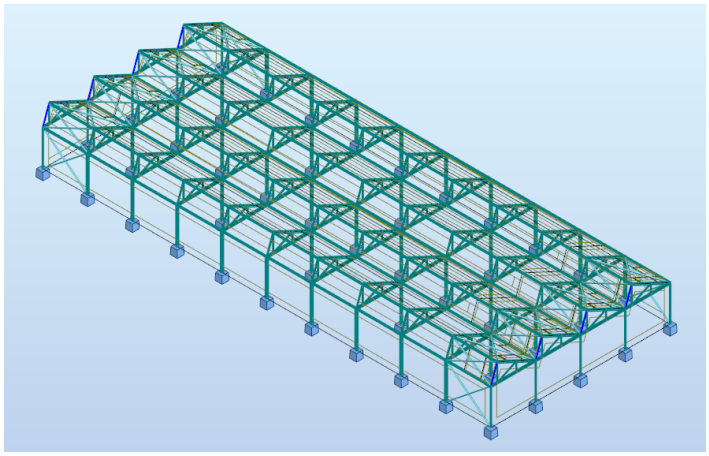


Ilustración 19: Vista 3D de la estructura del invernadero realizada en ROBOT en la que se marcan las vigas de la cubierta norte de los pórticos frontales y finales.

- **Cubierta norte de los pórticos centrales**

Estas vigas se sitúan en la cara norte de las cubiertas de los pórticos centrales. Tienen una sección IPE 80.

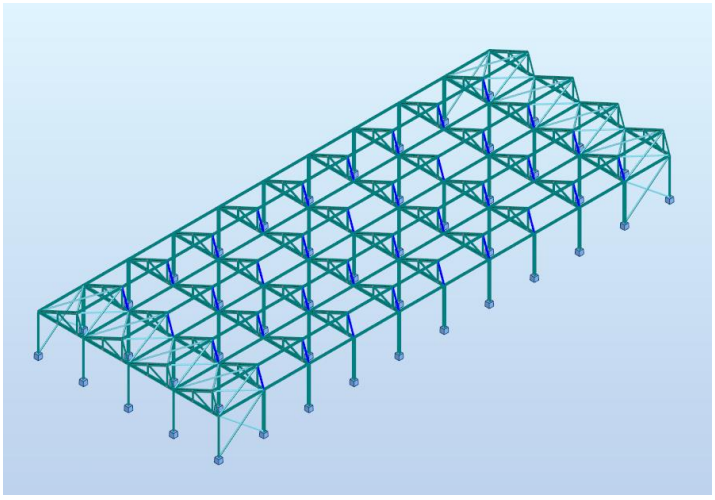


Ilustración 20: Vista 3D de la estructura del invernadero realizada en ROBOT en la que se marcan las vigas de la cubierta norte de los pórticos centrales.

- **Cubierta sur de los pórticos centrales**

Estas vigas se sitúan en la cara sur de las cubiertas de los pórticos centrales. Tienen una sección IPE 220.

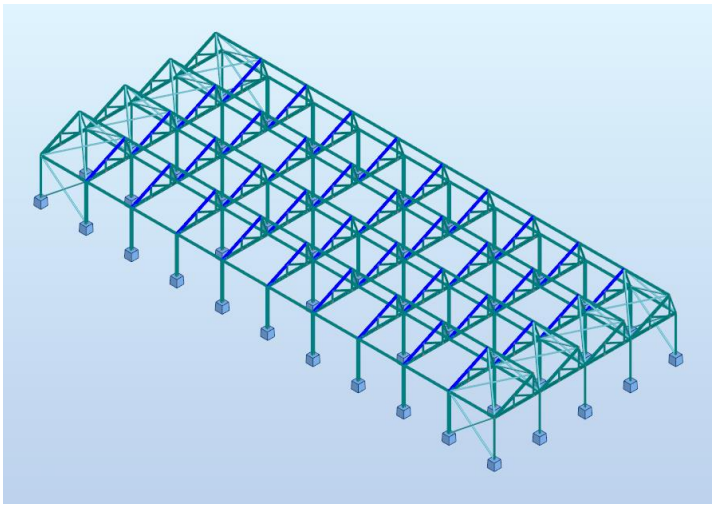


Ilustración 21: Vista 3D de la estructura del invernadero realizada en ROBOT en la que se marcan las vigas de la cubierta sur de los pórticos centrales.

- **Celosía de los pórticos centrales**

Estas barras conforman una celosía de tipo americana en los pórticos centrales. Tienen una sección IPE 100.

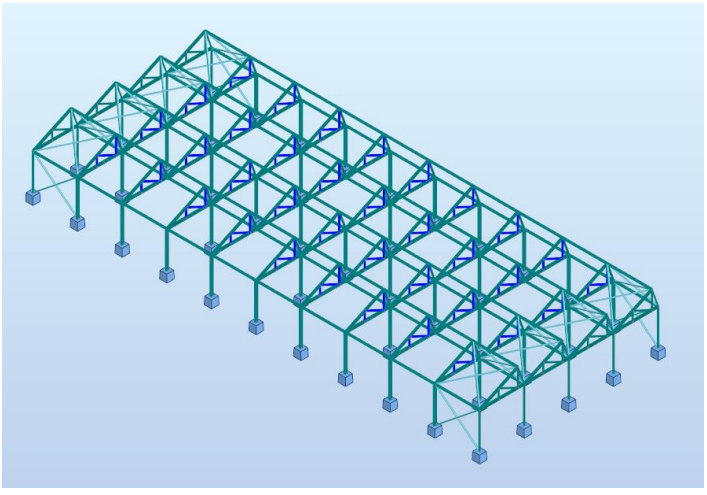


Ilustración 22: Vista 3D de la estructura del invernadero realizada en ROBOT en la que se marcan las vigas de celosía de los pórticos centrales.

- **Celosía de los pórticos frontal e inicial**

Estas barras conforman una celosía de tipo americana en los pórticos inicial y final. Tienen una sección IPE 100.

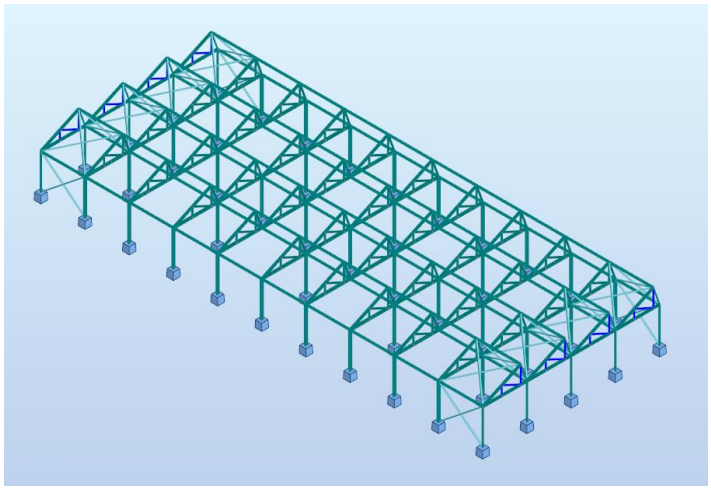


Ilustración 23: Vista 3D de la estructura del invernadero realizada en ROBOT en la que se marcan las vigas de la cubierta norte de los pórticos iniciales y finales.

- **Pilares de los pórticos centrales**

En este grupo se incluyen los pilares que sustentan los pórticos centrales. Estos presentan una sección HEA 180.

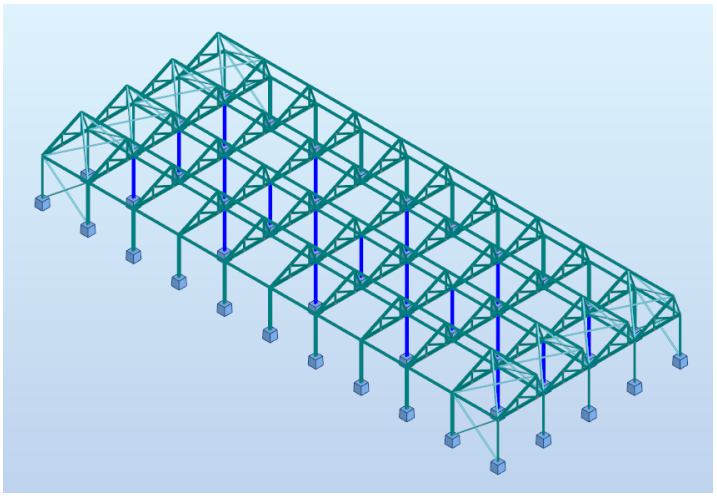


Ilustración 24: Vista 3D de la estructura del invernadero realizada en ROBOT en la que se pilares centrales.

- **Pilares exteriores**

En este grupo se incluyen los pilares que sustentan la parte exterior de los pórticos centrales. Estos presentan una sección HEA 200.

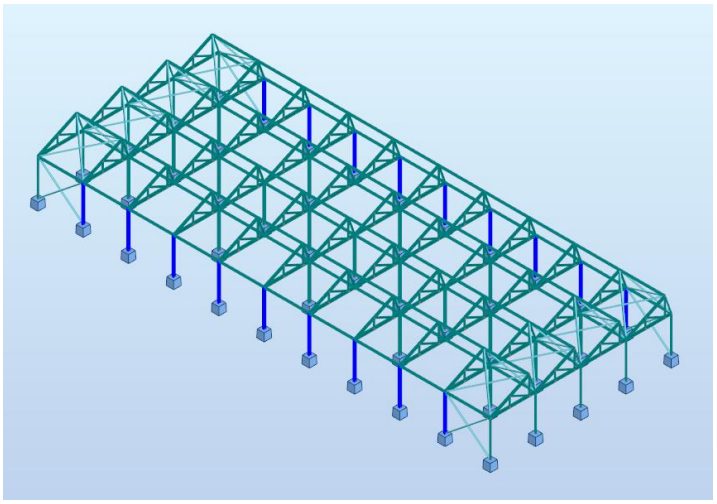


Ilustración 25: Vista 3D de la estructura del invernadero realizada en ROBOT en la que se pilares exteriores.

- **Viga central de los pórticos centrales**

Aquí se incluyen las vigas inferiores de la parte superior de los pórticos centrales. Su sección es IPE 240.

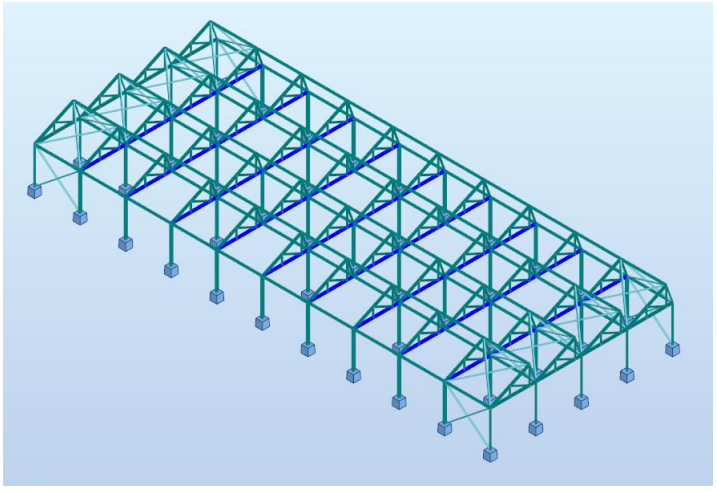


Ilustración 26: Vista 3D de la estructura del invernadero realizada en ROBOT en la que se marcan las vigas de los pórticos centrales.

- **Vigas de atado**

Incluye las vigas utilizadas para unir unos pórticos con otros. Su sección es HEA 140.

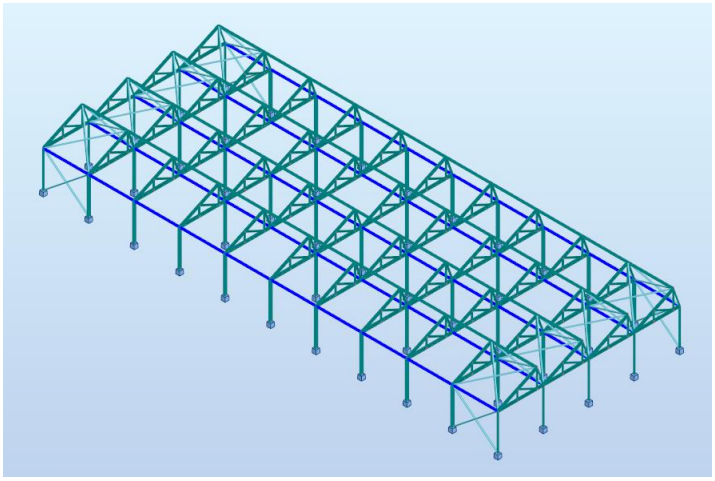


Ilustración 27: Vista 3D de la estructura del invernadero realizada en ROBOT en la que se marcan las vigas de atado.

- **Cruces de San Andrés**

Se trata de barras articuladas en sus extremos y situadas en los vanos inicial y final para dificultar la traslacionalidad de los pórticos arriostrándolos. Su sección es ROND 140.

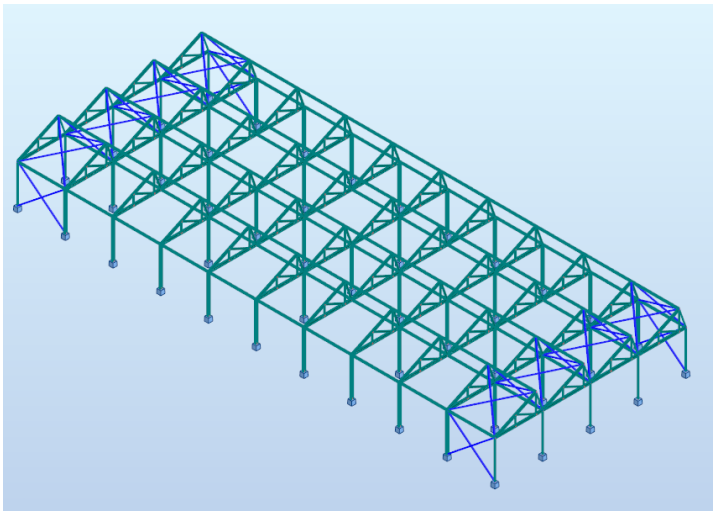


Ilustración 28: Vista 3D de la estructura del invernadero realizada en ROBOT en la que se marcan las cruces de San Andrés.

2.2.3. Hipótesis de carga

2.2.3.1. Hipótesis inicial (peso propio)

La cubierta estará compuesta por paneles de policarbonato compacto de 12 mm de espesor. Este irá sujeto sobre unas correas de perfil ZF.

Este policarbonato cuenta con 14,4 kg/m^2, lo que nos da un total de 0,141 kN/m^2.

En los pórticos centrales, el ancho tributario será de 5 m y, en los pórticos frontales, de 2,5 m. Por lo tanto:

- Pórticos centrales → 0,141 kN/m^2 · 5 m = 0,705 kN/m (2.2.3.1)
- Pórticos frontal y final → 0,141 kN/m^2 · 2,5 m = 0,353 kN/m (2.2.3.2)

2.2.3.2. Sobrecarga de uso

Se trata de una sobrecarga de uso exclusiva para mantenimiento y accesible únicamente para conservación. Según la norma, cuenta con una carga de 0,4 kN/m^2.

- Pórticos centrales → 0,4 kN/m^2 · 5 m = 2 kN/m (2.2.3.3)
- Pórticos frontal y final → 0,4 kN/m^2 · 2,5 m = 1 kN/m (2.2.3.4)

2.2.3.3. Sobrecarga de nieve

2.2.3.3.1. Coeficiente de forma (μ)

Al contar con una inclinación que impide el deslizamiento de la nieve en la zona central del invernadero, se deberán realizar diferentes cálculos en función de la inclinación de esta.

Para las cubiertas centrales, se deberá realizar la semisuma de las inclinaciones β al estar inclinadas en sentido contrario.

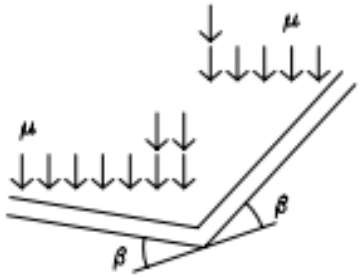


Ilustración 29: Esquema de coeficiente de forma de la cubierta. Fuente: DBSE-AE.

$$\beta=\beta1+\beta2=25°+70{,}455°=95{,}455° \quad (2.2.3.5)$$

Como la semisuma de $\beta > 30°$, el coeficiente de forma en estas zonas será $\mu=2,0$.

Para la cara exterior con orientación sur, $\beta = 25° < 30°$, por lo que $\mu=1,0$.

En la cara exterior con orientación norte, $\beta = 70,455° > 30°$ y, al no contar con impedimento en su forma para el deslizamiento de la nieve, $\mu=0$.

2.2.3.3.2. Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (s_k)

Según el Anejo E del CTE-DB-SE AE, nos encontramos en la zona 6 y la población de El Ejido cuenta con una altitud de 80 m sobre el nivel del mar.

Ilustración 30: Mapa de zonas de nieve para las hipótesis de nieve. Fuente: DBSE-AE.

Conociendo estos datos, se debe interpolar para conocer el valor que se necesita. Al contar tanto a 0 m como a 200 m sobre el nivel del mar con un valor de 0,2 kN/m^2 en la zona 6, obtenemos de forma directa que el valor s_k=0,2 kN/m^2.

2.2.3.3.3. Carga sobre la proyección horizontal (cargas proyectadas)

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

- **Cubiertas centrales**

$$q_n = 2,0 \cdot 0,2 \text{ kN/m}^2 = 0,4 \text{ kN/m}^2 \qquad (2.2.3.6)$$

Cargas sobre los pórticos frontal e inicial (Pf) y sobre los pórticos centrales (Pc):

- Pf → 0,4 kN/m^2 · 2,5 m = 1 kN/m (2.2.3.7)
- Pc → 0,4 kN/m^2 · 5 m = 2 kN/m (2.2.3.8)

- **Cubierta exterior con orientación sur**

$$q_n = 1{,}0 \cdot 0{,}2\ kN/m^2 = 0{,}2\ kN/m^2 \qquad (2.2.3.9)$$

Cargas sobre los pórticos frontal e inicial (Pf) y sobre los pórticos centrales (Pc):

- Pf → $0{,}2\ kN/m^2 \cdot 2{,}5\ m = 0{,}5\ kN/m$ (2.2.3.10)
- Pc → $0{,}2\ kN/m^2 \cdot 5\ m = 1\ kN/m$ (2.2.3.11)

- **Cubierta exterior con orientación norte**

$$q_n = 0 \cdot 0{,}2\ kN/m^2 = 0\ kN/m^2 \qquad (2.2.3.12)$$

2.2.3.3.4. Reparto asimétrico de las cargas de nieve

La nieve no se acumulará siempre de forma equitativa en ambas cubiertas, por lo que se realizarán tres hipótesis de carga diferentes.

- **Nieve 1**

En esta hipótesis, se supone que la nieve cae y se acumula de la misma forma por toda la superficie de la cubierta, sin importar su orientación.

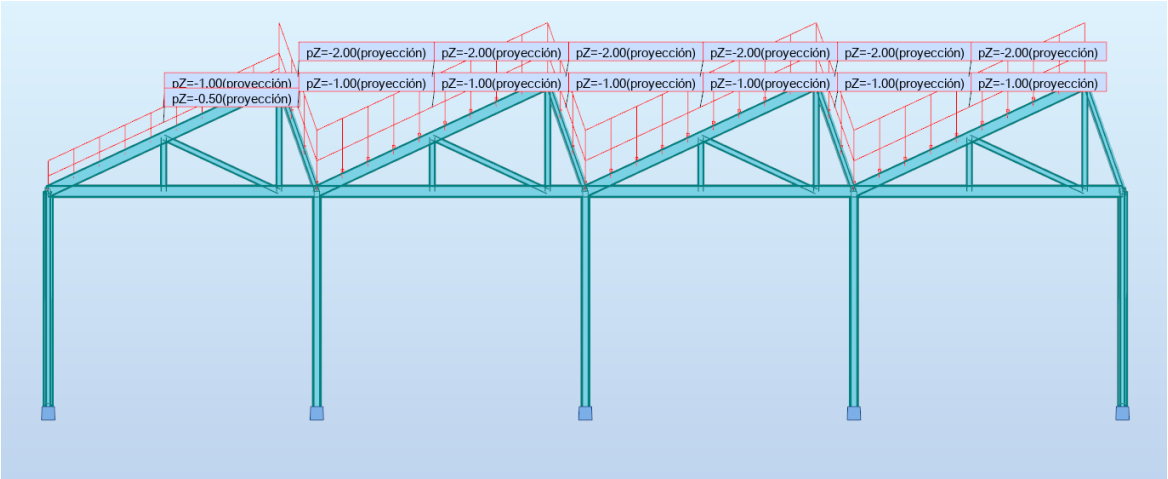


Ilustración 31: Hipótesis de carga de nieve 1.

- **Nieve 2**

En este caso, se supondrá que existe una cara de la cubierta como desfavorable, la sur. No mayorará las cargas, sino que disminuirá a la mitad aquellas cargas sobre la cara en que la acumulación de nieve será menor.

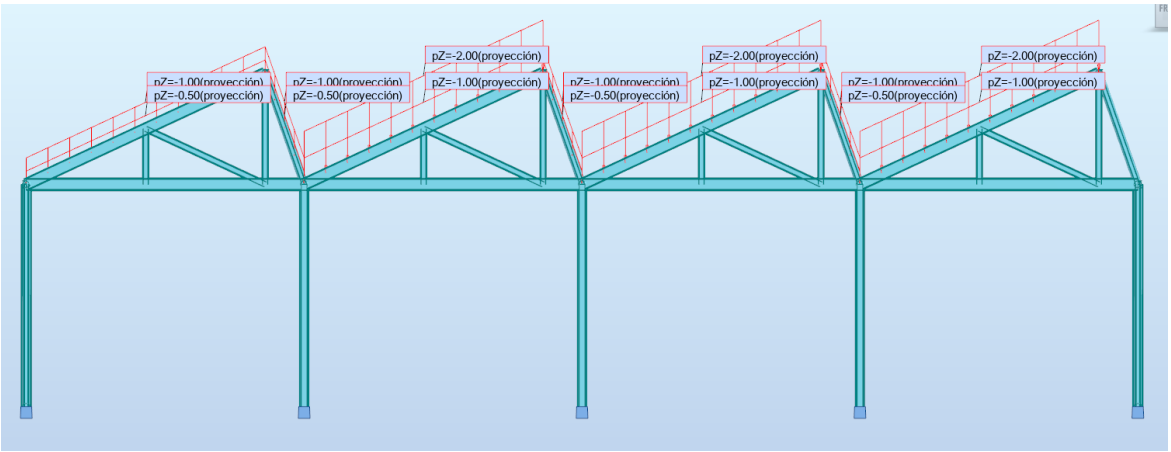


Ilustración 32: Hipótesis de carga de nieve 2.

- **Nieve 3**

Se realizará lo mismo que en el anterior caso, pero suponiendo que la cara desfavorable será la cara norte.

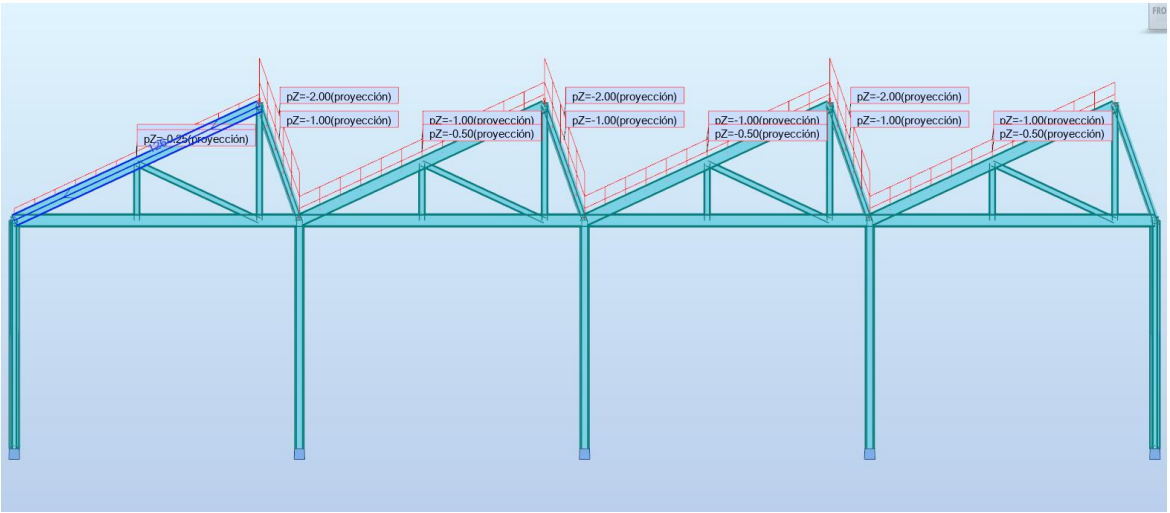


Ilustración 33: Hipótesis de carga de nieve 3.

2.2.3.4. Cargas dinámicas de viento

Este invernadero se situará en la zona eólica A, con un grado de aspereza IV, ya que se situará en una zona de uso industrial.

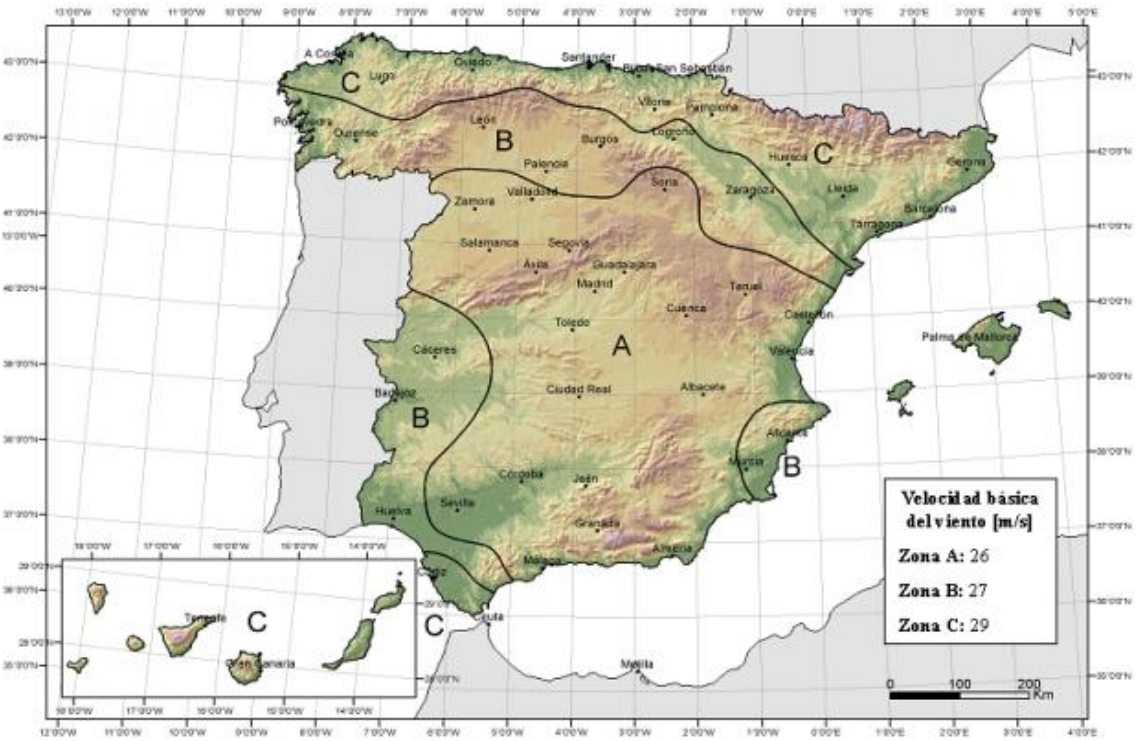


Ilustración 34: Mapa de zonas de viento para la obtención de la velocidad del viento. Fuente: DBSE-AE.

Zona A→ Velocidad básica del viento = 26 m/s→ Coef. de presión dinámica C_b=0,42 kN/m^2.

La esbeltez de todos los planos paralelos al viento (h/d) es <1. Por lo tanto, con todos los huecos cerrados Cpi = 0,7.

Para la obtención del coeficiente de presión exterior, se barajarán diferentes hipótesis de viento, variando dirección de incidencia y si se encuentran a presión o succión cuando corresponda.

2.2.3.4.1. Viento 0°

En esta hipótesis de viento la incidencia se realizará con un ángulo de 0°, tomándose esta dirección de forma que la zona sobre la que impacta es la que tiene orientación sur.

- **Paramentos verticales**

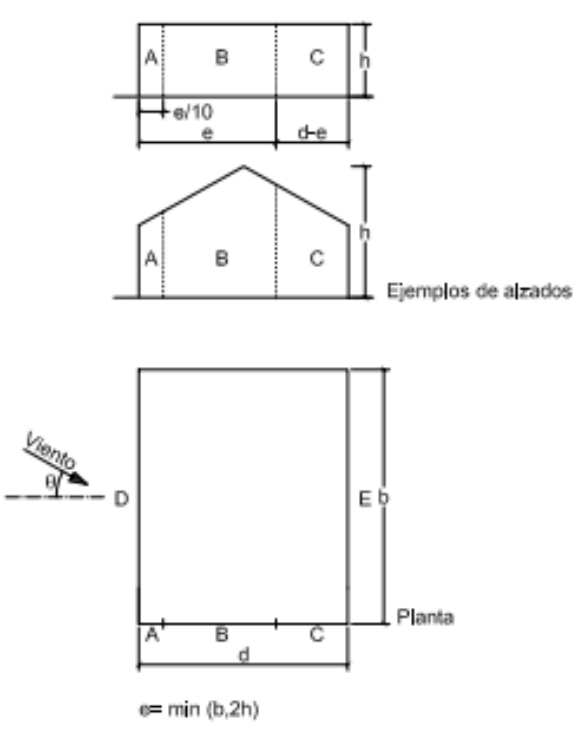


Ilustración 35: Esquema zonas de viento en los paramentos verticales. Fuente: DBSE-AE.

$$e = \min(b, 2h) \rightarrow e = \min(50, 12) = 12 \qquad (2.2.3.13)$$

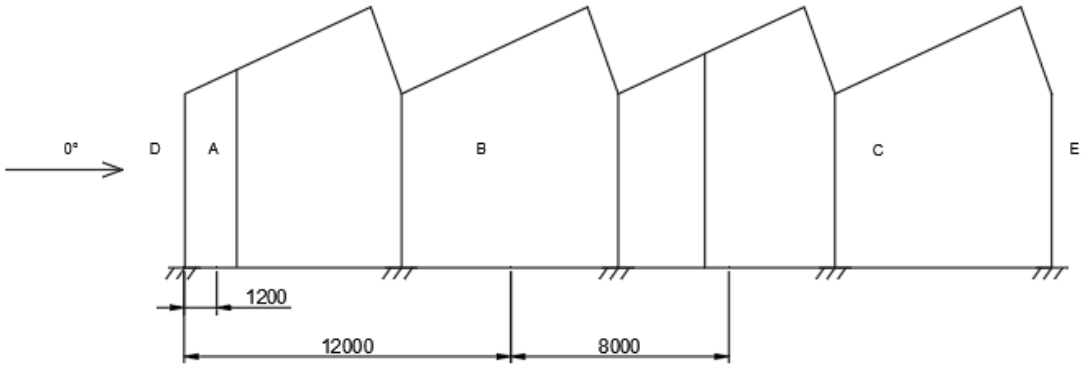


Ilustración 36: Esquema zonas de viento en los paramentos verticales en la estructura del invernadero (viento 0°).

- **Cubierta**

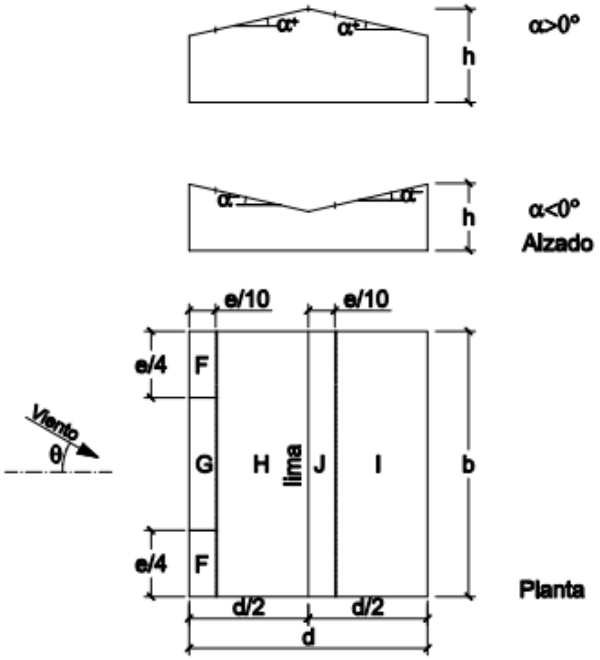


Ilustración 37: Esquema zonas de viento en la cubierta (0°). Fuente: DBSE-AE.

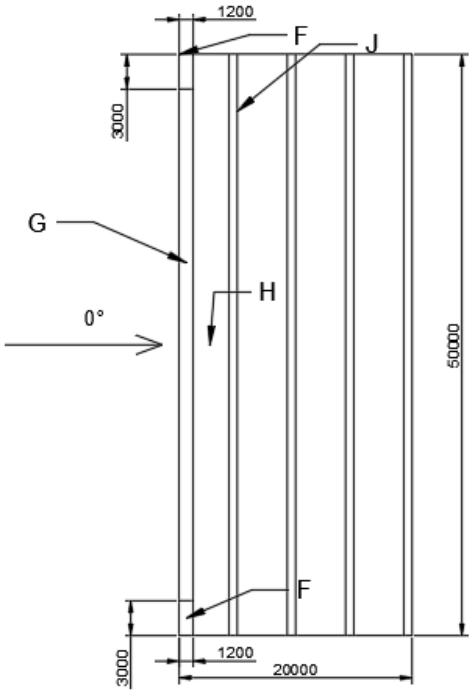


Ilustración 38: Esquema zonas de viento en la cubierta de la estructura del invernadero (viento 0°).

Además, al repetirse los pórticos, la definición de los coeficientes de presión exterior del resto de cubiertas viene dada por:

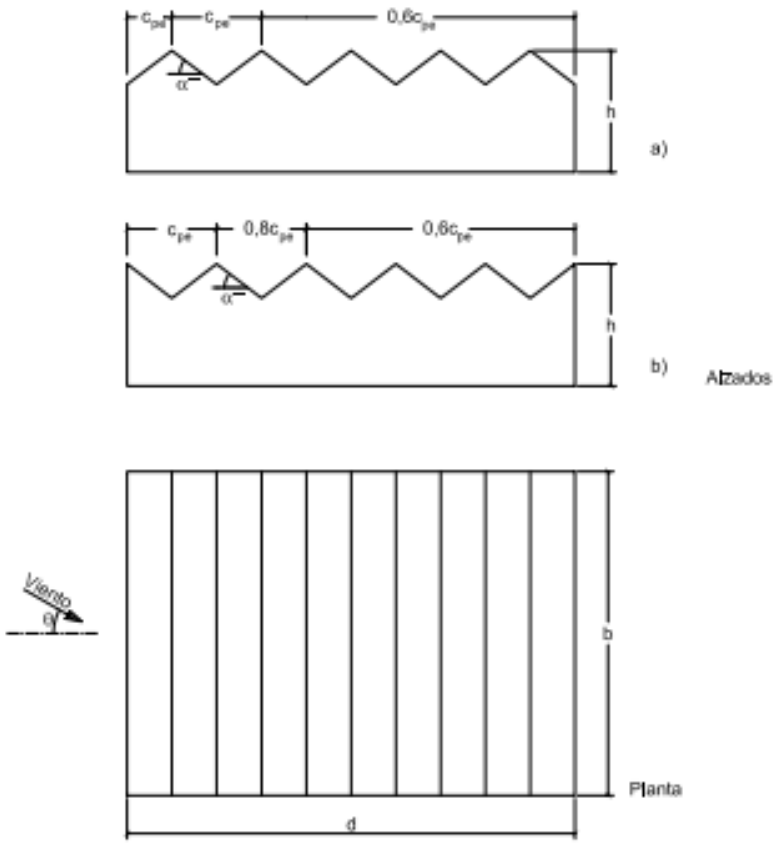


Ilustración 39: Esquema zonas de viento en la repetición de pórticos. Fuente: DBSE-AE.

Con estos datos de partida, se calculan los coeficientes de presión exterior para después obtener las cargas que se introducen en ROBOT. Las ecuaciones utilizadas son:

$$C_p = C_{pe} - C_{pi} \qquad (2.2.3.14)$$

$$Q_e = C_b \cdot C_e \cdot C_p \qquad (2.2.3.15)$$

Posteriormente se han descompuesto las cargas para así poder introducirlas sobre la estructura en el programa. En este paso es importante la previa creación de los paneles sobre los que se aplicará la carga.

- **Viento 0° (presión)**

Zona A	A (h/d=0,3)	Cpe
	10,000	-1,200
	5,136	**-1,297**
	5,000	-1,300

Zona F (A>10)	h/d	Cpe
	1,000	-1,200
	0,300	**-1,200**
	0,250	-1,200

Zona F (A=5)	h/d	Cpe
	1,000	-1,300
	0,300	**0,567**
	0,250	0,700

Zona F	α	Cpe
	15,000	0,200
	25,000	**0,533**
	30,000	0,700

Zona F (α=15°)	A	Cpe
	10,000	0,200
	7,945	**0,200**
	1,000	0,200

Zona F (α=30°)	A	Cpe
	10,000	0,700
	7,945	**0,700**
	1,000	0,700

Zona G	α	Cpe
	15,000	0,200
	25,000	**0,333**
	30,000	0,400

Zona H	α	Cpe
	15,000	0,200
	25,000	**0,333**
	30,000	0,400

Zona J	α	Cpe
	60,000	-0,300
	70,455	**-0,300**
	75,000	-0,300

Aquellas líneas que aparecen en rojo indican que esa zona de presiones no está aplicada en la estructura.

	PRESIÓN VIENTO 0º(kN/m²)						
	ZONA	Cb	Ce	Cpe	Cpi	Cp	Qe
PARAMENTOS VERTICALES	A	0,42	1,45	-1,297	0,7	-1,997	-1,216
	B	0,42	1,45	-0,8	0,7	-1,5	-0,914
	C	0,42	1,45	-0,5	0,7	-1,2	-0,731
	D	0,42	1,45	0,707	0,7	0,007	0,004
	E	0,42	1,45	-0,313	0,7	-1,013	-0,617
CUBIERTA	F	0,42	1,45	0,533	0,7	-0,167	-0,102
	G	0,42	1,45	0,333	0,7	-0,367	-0,224
	H	0,42	1,45	0,333	0,7	-0,367	-0,224
	I	0,42	1,45	0	0,7	-0,7	-0,426
	J	0,42	1,45	-0,3	0,7	-1	-0,609
	F'	-0,06102					
	G'	-0,1341					
	H'	-0,1341					
	I'	-0,25578					
	J'	-0,3654					

	ZONA	Qez	Qex
CUBIERTA	F	-0,092	-0,043
	G	-0,203	-0,094
	H	-0,203	-0,094
	I	-0,143	-0,402
	J	-0,204	-0,574
	F'	-0,055	-0,026
	G'	-0,122	-0,057
	H'	-0,122	-0,057
	I'	-0,086	-0,241
	J'	-0,122	-0,344

- **Viento 0° (succión)**

Zona F	α	Cpe
	15,000	-1,151
	25,000	**-0,869**
	30,000	-0,728

Zona F (α=15°)	A	Cpe
	10,000	-0,900
	7,945	**-1,151**
	1,000	-2,000

Zona F (α=30°)	A	Cpe
	10,000	-0,500
	7,945	**-0,728**
	1,000	-1,500

Zona G	α	Cpe
	15,000	-0,800
	25,000	**-0,600**
	30,000	-0,500

Zona H	α	Cpe
	15,000	-0,300
	25,000	**-0,233**
	30,000	-0,200

Zona J	α	Cpe
	60,000	-0,300
	70,455	**-0,300**
	75,000	-0,300

	SUCCIÓN VIENTO 0º(kN/m²)						
	ZONA	Cb	Ce	Cpe	Cpi	Cp	Qe
PARAMENTOS VERTICALES	A	0,42	1,45	-1,297	0,7	-1,997	-1,216
	B	0,42	1,45	-0,8	0,7	-1,5	-0,914
	C	0,42	1,45	-0,5	0,7	-1,2	-0,731
	D	0,42	1,45	0,707	0,7	0,007	0,004
	E	0,42	1,45	-0,313	0,7	-1,013	-0,617
CUBIERTA	F	0,42	1,45	-0,869	0,7	-1,569	-0,956
	G	0,42	1,45	-0,6	0,7	-1,3	-0,792
	H	0,42	1,45	-0,233	0,7	-0,933	-0,568
	I	0,42	1,45	0	0,7	-0,7	-0,426
	J	0,42	1,45	-0,3	0,7	-1	-0,609

	F'	-0,57331
	G'	-0,47502
	H'	-0,34092
	I'	-0,25578
	J'	-0,3654

	ZONA	Qez	Qex
CUBIERTA	F	-0,866	-0,404
	G	-0,718	-0,335
	H	-0,515	-0,240
	I	-0,143	-0,402
	J	-0,204	-0,574
	F'	-0,520	-0,242
	G'	-0,431	-0,201
	H'	-0,309	-0,144
	I'	-0,086	-0,241
	J'	-0,122	-0,344

2.2.3.4.2. Viento 90°

En esta hipótesis de viento, la incidencia se realizará con un ángulo de 90°.

- **Paramentos verticales**

Tomando como referencia la ilustración del apartado anterior de paramentos verticales, se ha determinado que:

$$e = \min(b, 2h) \rightarrow e = \min(20, 12) = 12 \qquad (2.2.3.16)$$

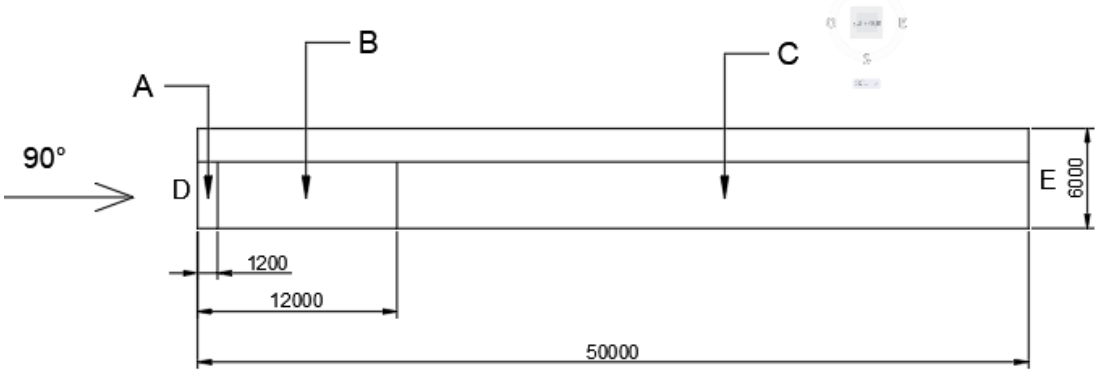


Ilustración 40: Esquema zonas de viento en los paramentos verticales en la estructura del invernadero (viento 90°).

- **Cubierta**

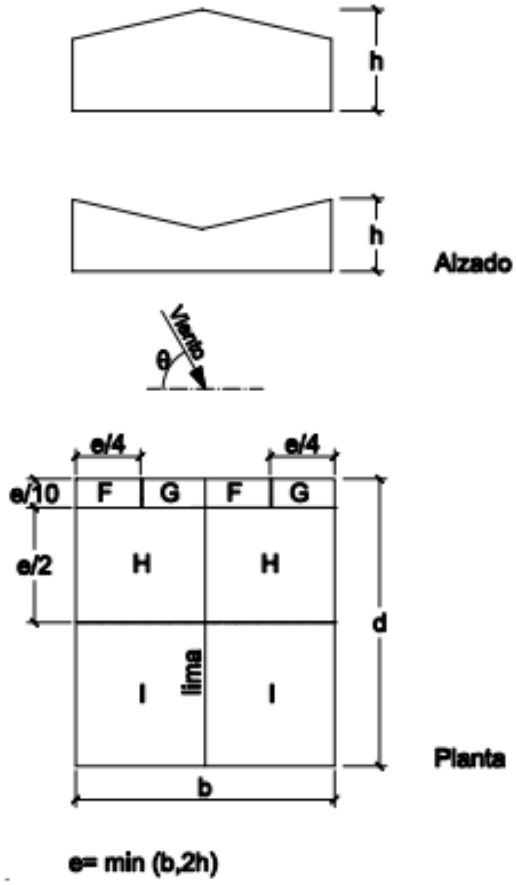


Ilustración 41: Esquema zonas de viento en la cubierta (90°). Fuente: DBSE-AE.

Para este caso de viento, se esquematizará un único pórtico, ya que todos se comportarán de la misma forma y les serán aplicadas las mismas cargas.

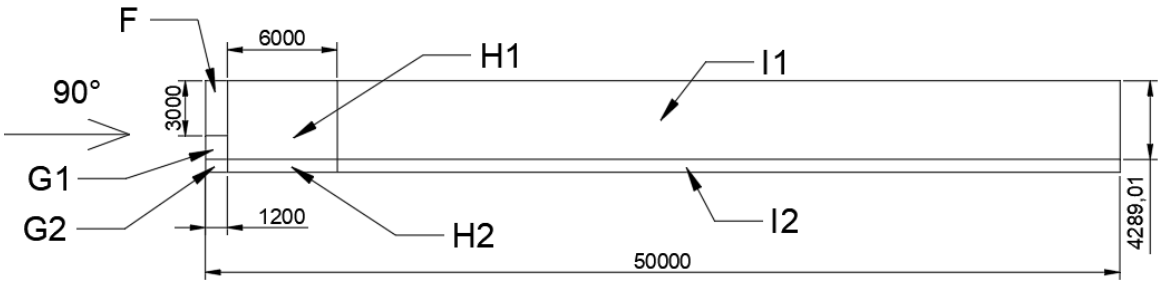


Ilustración 42: Esquema zonas de viento en la cubierta de la estructura del invernadero (viento 90°).

Se realizarán los mismos pasos que en el caso de 0° y se aplicarán las mismas ecuaciones. Para esta dirección de viento no existe diferenciación entre presión y succión.

Zona A	A (h/d<0,25)	Cpe
	5,000	-1,300
	4,800	**-1,300**
	2,000	-1,300

Zona F	α	Cpe
	15,000	-1,769
	25,000	**-1,502**
	30,000	-1,368

Zona F (α=15°)	A	Cpe
	10,000	-1,300
	3,972	**-1,769**
	1,000	-2,000

Zona F (α=30°)	A	Cpe
	10,000	-1,100
	3,972	**-1,368**
	1,000	-1,500

Zona G1	α	Cpe
	15,000	-1,945
	25,000	**-1,950**
	30,000	-1,953

Zona G (α=15°)	A	Cpe
	10,000	-1,300
	1,706	**-1,945**
	1,000	-2,000

Zona G (α=30°)	A	Cpe
	10,000	-1,400
	1,706	**-1,953**
	1,000	-2,000

Zona H1	α	Cpe
	15,000	-0,600
	25,000	**-0,733**
	30,000	-0,800

Zona G2	α	Cpe
	60,000	-1,863
	70,455	**-1,863**
	75,000	-1,863

Zona G (α=60°)	A	Cpe
	10,000	-1,200
	2,544	**-1,863**
	1,000	-2,000

Zona G (α=75°)	A	Cpe
	10,000	-1,200
	2,544	**-1,863**
	1,000	-2,000

Zona H2	α	Cpe
	60,000	-0,800
	70,455	**-0,800**
	75,000	-0,800

	VIENTO 90º(kN/m²)						
	ZONA	Cb	Ce	Cpe	Cpi	Cp	Qe
PARAMENTOS VERTICALES	A	0,42	1,45	-1,3	0,7	-2	-1,218
	B	0,42	1,45	-0,8	0,7	-1,5	-0,914
	C	0,42	1,45	-0,5	0,7	-1,2	-0,731
	D	0,42	1,45	0,7	0,7	0	0,000
	E	0,42	1,45	-0,3	0,7	-1	-0,609
CUBIERTA	F	0,42	1,45	-1,502	0,7	-2,202	-1,341
	G1	0,42	1,45	-1,95	0,7	-2,65	-1,614
	H1	0,42	1,45	-0,733	0,7	-1,433	-0,873
	I1	0,42	1,45	-0,5	0,7	-1,2	-0,731
	J	0,42	1,45	0	0,7	-0,7	-0,426
	G2	0,42	1,45	-1,863	0,7	-2,563	-1,561
	H2	0,42	1,45	-0,8	0,7	-1,5	-0,914
	I2	0,42	1,45	-0,5	0,7	-1,2	-0,731

	ZONA	Qez	Qex
CUBIERTA	F	-1,215	-0,567
	G1	-1,463	-0,682
	H1	-0,791	-0,369
	I1	-0,662	-0,309
	G2	-0,522	-1,471
	H2	-0,306	-0,861
	I2	-0,244	-0,689

2.2.3.4.3. Viento 180°

En esta hipótesis de viento, la incidencia se realizará con un ángulo de 180°, tomándose esta dirección de forma que la zona sobre la que impacta es la que tiene orientación norte.

Para estas hipótesis, se utilizarán los mismos esquemas y fórmulas que en las hipótesis de viento a 0°, obtenidas del DB-SE AE.

- **Paramentos verticales**

$$e = \min(b, 2h) \rightarrow e = \min(20, 12) = 12 \qquad (2.2.3.17)$$

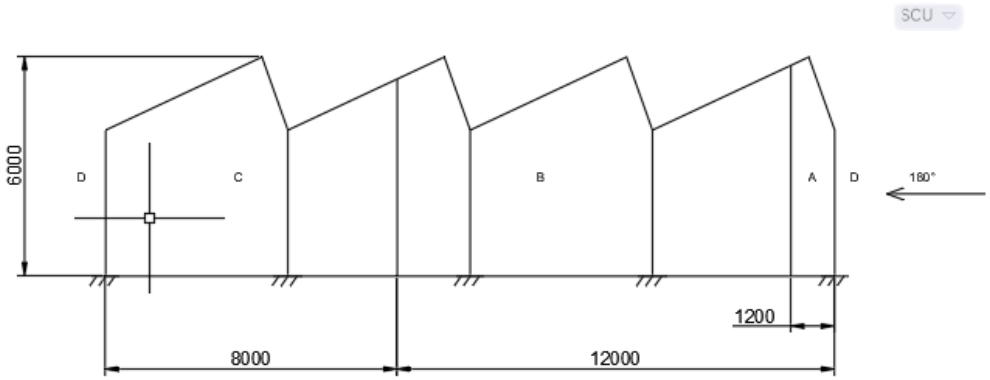


Ilustración 43: Esquema zonas de viento en los paramentos verticales en la estructura del invernadero (viento 180°).

- **Cubierta**

Como ocurre en las hipótesis de viento a 0°, a lo largo de todas las cubiertas de los pórticos no se producirán las mismas cargas. Haciendo uso del esquema incluido en el apartado anteriormente citado y al igual que se ha hecho en dicho caso, se les aplicara a estas un factor de 0,6.

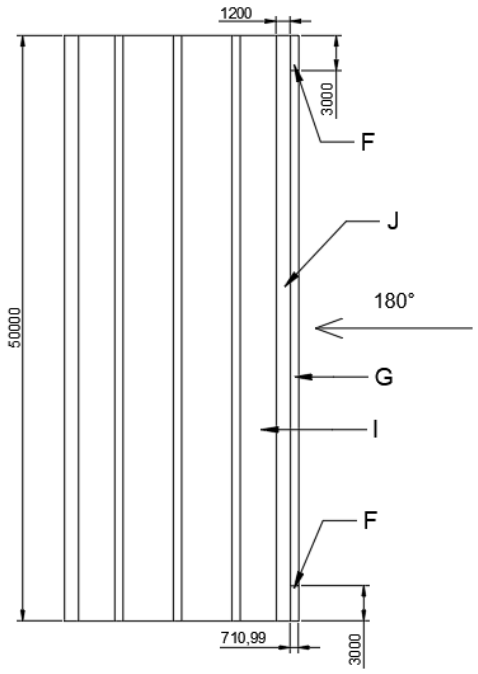


Ilustración 44: Esquema zonas de viento en la cubierta de la estructura del invernadero (viento 180°).

- **Viento 180° (presión)**

Zona A	A (h/d=0,3)	Cpe
	10,000	-1,200
	5,136	**-1,297**
	5,000	-1,300

Zona F (A>10)	h/d	Cpe
	1,000	-1,200
	0,300	**-1,200**
	0,250	-1,200

Zona F (A=5)	h/d	Cpe
	1,000	-1,300
	0,300	**0,567**
	0,250	0,700

Zona F	α	Cpe
	60,000	0,700
	70,455	**0,770**
	75,000	0,800

Zona G	α	Cpe
	60,000	0,700
	70,455	**0,770**
	75,000	0,800

	PRESIÓN VIENTO 180º(kN/m^2)						
	ZONA	Cb	Ce	Cpe	Cpi	Cp	Qe
PARAMENTOS VERTICALES	A	0,42	1,45	-1,297	0,7	-1,997	-1,216
	B	0,42	1,45	-0,8	0,7	-1,5	-0,914
	C	0,42	1,45	-0,5	0,7	-1,2	-0,731
	D	0,42	1,45	0,707	0,7	0,007	0,004
	E	0,42	1,45	-0,313	0,7	-1,013	-0,617
CUBIERTA	F	0,42	1,45	0,77	0,7	0,07	0,043
	G	0,42	1,45	0,77	0,7	0,07	0,043
	H	0,42	1,45	0,333	0,7	-0,367	-0,224
	I	0,42	1,45	0	0,7	-0,7	-0,426
	J	0,42	1,45	0	0,7	-0,7	-0,426
	F'	0,025578					
	G'	0,025578					
	H'	-0,1341					
	I'	-0,25578					
	J'	-0,25578					

	ZONA	Qez	Qex
CUBIERTA	F	0,014	0,040
	G	0,014	0,040
	H	-0,075	-0,211
	I	-0,386	-0,180
	J	-0,386	-0,180
	F'	0,009	0,024
	G'	0,009	0,024
	H'	-0,045	-0,126
	I'	-0,232	-0,108
	J'	-0,232	-0,108

- **Viento 180° (succión)**

Zona A	A (h/d=0,3)	Cpe
	10,000	-1,200
	5,136	**-1,297**
	5,000	-1,300

Zona F (A>10)	h/d	Cpe
	1,000	-1,200
	0,300	**-1,200**
	0,250	-1,200

Zona F (A=5)	h/d	Cpe
	1,000	-1,300
	0,300	**0,567**
	0,250	0,700

Zona F	α	Cpe
	60,000	0,700
	70,455	**0,770**
	75,000	0,800

Zona G	α	Cpe
	60,000	0,700
	70,455	**0,770**
	75,000	0,800

Zona I	α	Cpe
	15,000	-0,400
	25,000	**-0,400**
	30,000	-0,400

Zona J	α	Cpe
	15,000	-1,000
	25,000	**-0,333**
	30,000	0,000

	SUCCIÓN VIENTO 180º(kN/m²)						
	ZONA	Cb	Ce	Cpe	Cpi	Cp	Qe
PARAMENTOS VERTICALES	A	0,42	1,45	-1,297	0,7	-1,997	-1,216
	B	0,42	1,45	-0,8	0,7	-1,5	-0,914
	C	0,42	1,45	-0,5	0,7	-1,2	-0,731
	D	0,42	1,45	0,707	0,7	0,007	0,004
	E	0,42	1,45	-0,313	0,7	-1,013	-0,617
CUBIERTA	F	0,42	1,45	0,77	0,7	0,07	0,043
	G	0,42	1,45	0,77	0,7	0,07	0,043
	H	0,42	1,45	0,333	0,7	-0,367	-0,224
	I	0,42	1,45	-0,4	0,7	-1,1	-0,670
	J	0,42	1,45	-0,333	0,7	-1,033	-0,629
	F'	0,025578					
	G'	0,025578					
	H'	-0,1341					
	I'	-0,40194					
	J'	-0,37746					

	ZONA	Qez	Qex
CUBIERTA	F	0,014	0,040
	G	0,014	0,040
	H	-0,075	-0,211
	I	-0,607	-0,283
	J	-0,570	-0,266
	F'	0,009	0,024
	G'	0,009	0,024
	H'	-0,045	-0,126
	I'	-0,364	-0,170
	J'	-0,342	-0,160

2.2.3.5. Cargas muertas

En esta hipótesis de carga, se añade el peso de componentes que tendrán una carga permanente dentro de la estructura, pero sin pertenecer a ella. Aquí se añaden el peso de las ventanas y los ventiladores de recirculación.

Cada ventana estará formada por una estructura compuesta de perfil tubular de acero de sección SHS 40 x 40 x 3, contando con un peso lineal de 3,3 kg/m. Serán ventanas cuadradas con 8 metros de perímetro, por lo que su peso final será de 0,259 kN, el cual se introducirá como dos cargas puntuales sobre las vigas que las soportan y tendiendo cada una como valor

la mitad de su peso. El número total de ventanas asciende a 16 ventanas. Se situarán en la cubierta sur del invernadero y se dispondrán en tresbolillo.

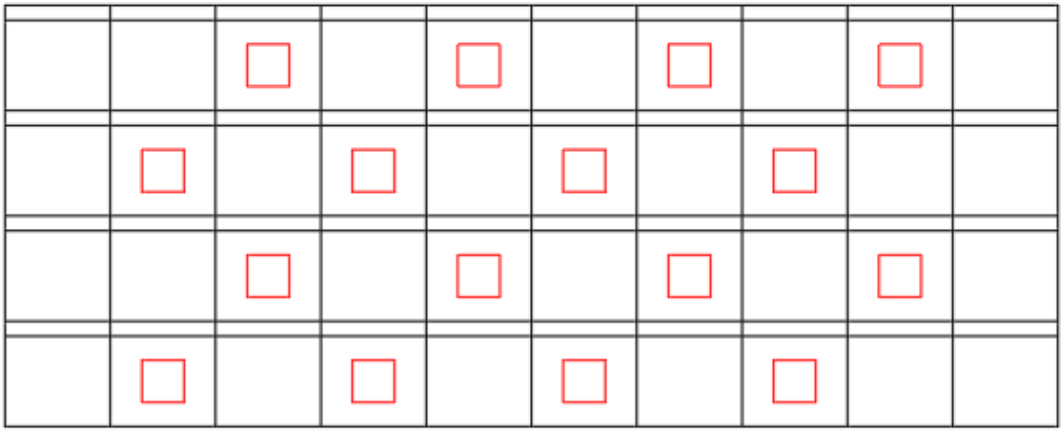


Ilustración 45: Esquema de la distribución de ventanas.

También se incluirán ventiladores agrícolas para la recirculación del aire dentro del cultivo. Se trata de ventiladores Multifan T4E40KM que cuentan con una masa de 10,8 kg cada uno. Por tanto, el peso que se aplica es de 0,106 kN, contando con un total de 12.

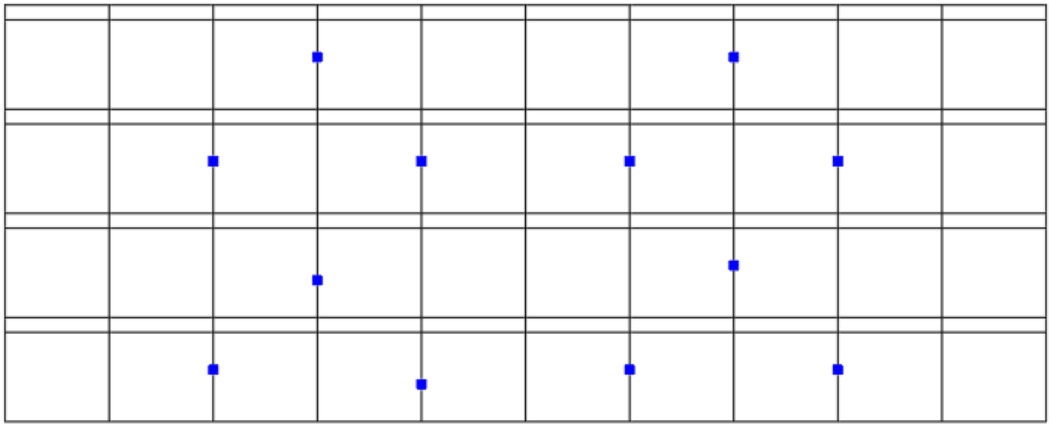


Ilustración 46: Esquema de la distribución de ventiladores.

2.2.3.6. Combinaciones automáticas

Haciendo uso de la base de datos y la potencia de cálculo de ROBOT se aplican una serie de combinaciones de carga según la CTE DB-SE AE, en las cuales, según la definición de las diferentes hipótesis de carga y los datos estructurales introducidos, aplicará unos coeficientes u otros al cálculo de estas combinaciones.

Además, se han añadido una serie de casos simples para asegurarnos del cumplimiento de los requerimientos de resistencia y estabilidad para la seguridad de la estructura.

En el diseño de la estructura se ha hecho uso de perfiles de acero estructural laminado S275. También se ha indicado que la flecha límite de las vigas es de 1/300, como marca la normativa.

2.2.3.7. Resumen de las hipótesis de carga aplicadas

- Peso propio
- Sobrecarga de uso (mantenimiento)
- Nieve 1
- Nieve 2
- Nieve 3
- ELU
- ELU+
- ELU-
- ELS
- ELS+
- ELS-
- Viento 0° (presión)
- Viento 0° (succión)
- Viento 90°
- Viento 180° (presión)
- Viento 180° (succión)
- Cargas muertas
- Casos simples
- Combinaciones según norma
- ELU Combinaciones según norma
- ELS Combinaciones según norma

2.2.4. Resultados del cálculo de la estructura

Aquí se añadirá un resultado representativo de los resultados de los perfiles sometidos a las mayores cargas dentro de sus grupos y también que todos los perfiles cumplen con los requerimientos.

Barra		Perfil	Material	Lay	Laz	Solicit.	Caso
Grupo : 1 Pilares PFront							
5 Barra_5	OK	HEA 100	ACERO	98.64	159.35	0.85	6 ELU /68/
Grupo : 2 Vigas PFront							
44 Barra_44	OK	IPE 220	ACERO	54.86	201.79	0.57	6 ELU /57/
Grupo : 3 cubierta sur PFront							
126 Barra_126	OK	IPE 220	ACERO	52.01	191.32	0.30	6 ELU /52/
Grupo : 4 cub norte PFront							
213 Barra_213	OK	IPE 80	ACERO	65.46	201.13	0.62	6 ELU /19/
Grupo : 5 cub norte PCent							
145 Barra_145	OK	IPE 120	ACERO	43.22	146.46	0.63	6 ELU /2/
Grupo : 6 cub sur PCent							
174 Barra_174	OK	IPE 220	ACERO	52.01	191.32	0.66	6 ELU /79/
Grupo : 7 celosia PCent							
326 Barra_326	OK	IPE 120	ACERO	48.33	163.78	0.71	6 ELU /61/
Grupo : 8 celosia PFront							
314 Barra_314	OK	IPE 100	ACERO	58.24	190.88	0.35	6 ELU /53/
Grupo : 9 pilares centrales							
427 Barra_427	OK	HEA 180	ACERO	53.70	88.49	0.78	6 ELU /52/
Grupo : 10 pilares exteriores							
19 Barra_19	OK	HEA 200	ACERO	48.30	80.31	0.86	6 ELU /52/
Grupo : 11 vigas PCent							
117 Barra_117	OK	IPE 240	ACERO	50.13	185.68	0.81	6 ELU /52/
Grupo : 12 vigas Cent							
441 Barra_441	OK	HEA 140	ACERO	87.19	142.03	0.40	6 ELU /79/
Grupo : 13 vigas atado							
103 Barra_103	OK	HEA 140	ACERO	87.19	142.03	0.77	6 ELU /59/
Grupo : 14 cruces san andres							
408 Barra_408	OK	ROND 140	ACERO	196.86	196.86	0.11	6 ELU /60/

Tabla 17: Resultados y comprobación de los resultados estructurales por grupos de barras obtenido de ROBOT.

2.2.5. Cimentación

A falta de los datos geotécnicos de la zona de construcción, se ha optado por el dimensionamiento básico de una cimentación como ejemplo en este apartado.

Se trata de unas zapatas genéricas y aisladas que irán colocadas en la base de todos los pilares.

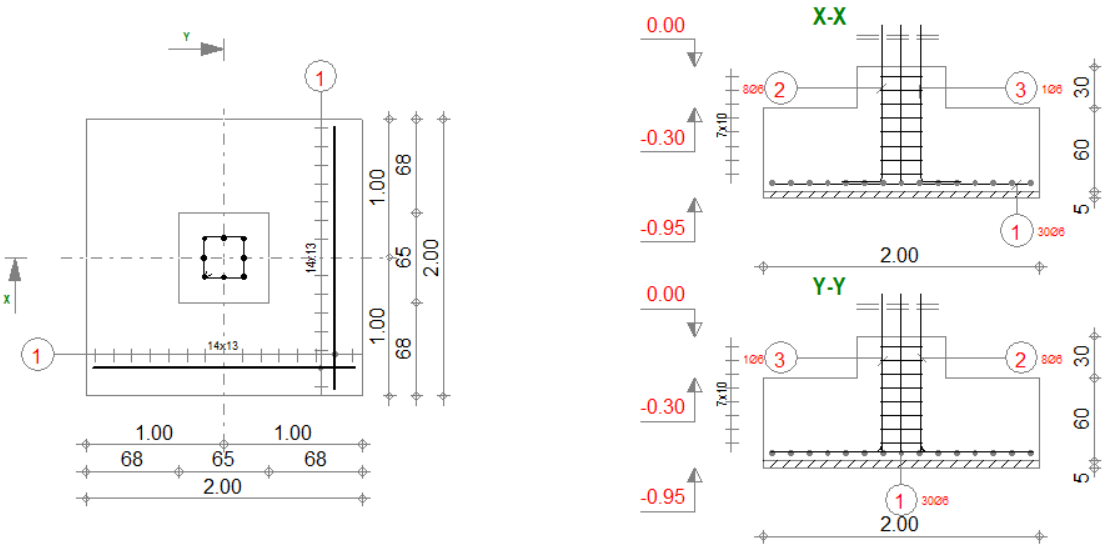


Ilustración 47: Diseño de las zapatas de cimentación obtenido de ROBOT.

Se utilizará hormigón HA – 30, cuya cantidad será de 2,53 m^3 por zapata.

Se utilizará acero B 500 S para la armadura, compuesto por ferralla de 30Ø6 y 8Ø6. Se necesitarán un total de 17,44 kg por zapata: 15,2 de 30Ø6 y 2,24 de 8Ø6.

Se necesitará también un encofrado que debe contar con 5 cm de recubrimiento, siendo 5,58 m^2 la superficie requerida por zapata.

2.2.6. Conclusión

En este anexo se han reflejado los cálculos realizados sobre la estructura del invernadero y se han optimizado los perfiles para así conseguir una reducción en los costes de obra, sin olvidar la comodidad a la hora de la realización de grupos de barras para así simplificar el proceso constructivo.

Se han cumplido los requerimientos recogidos en el CTE DB-SE AE para asegurarnos de que la estructura es segura y que cumple las solicitaciones de resistencia y estabilidad.

A falta de la información necesaria para la realización de sus cálculos, se ha descrito una cimentación como ejemplo de los resultados que se pueden obtener de ROBOT, aplicando la normativa completamente actualizada que incluye en sus versiones más recientes. Todos los cálculos y dimensionamientos se han realizado con la última versión de este programa y, por tanto, la más reciente, la de 2020.

LINARES, JUNIO DE 2020.

El alumno,

Fdo.: Pablo Jiménez.

2.3. Anexo III. Diseño de las mesas para cultivo aeropónico

2.3.1. Necesidades del cultivo

El cultivo aeropónico es relativamente novedoso, aunque ya hayan pasado unos años desde que se ideó, aún no existe un gran volumen de información disponible que esté contrastada y sea de calidad. Esto dificulta el diseño de este tipo de cultivo, pero cumpliendo con las necesidades de las plantas para su crecimiento se conseguirán unas condiciones de cultivo adecuadas a este sistema productivo.

Los parámetros que se deben dar son: control de humedad, tamaño de gota micrométrico, oscuridad total en la zona radicular, espacio suficiente para el crecimiento de las plantas, aplicación de nutrientes al agua y tratamientos fitosanitarios.

Será necesario el correcto control de la humedad en la zona radicular de las plantas, ya que su escasez podría producir la muerte de los vegetales. También es importante no excederse, ya que esto supondría un derroche de agua y convertiría este cultivo en hidropónico.

El tamaño de gota es un factor fundamental para el éxito de este sistema. El tamaño idóneo recogido en estudios de la NASA es de 50 micras. Existe un rango de actuación que nos permite una pequeña variabilidad en este factor de entre 20 y 70 micras. Estos tamaños son óptimos, ya que los pelos radiculares situados en las raíces de las plantas —encargados de la absorción de agua, nutrientes y oxígeno— tienen un tamaño medio de 16 micras. Esto dejaría que las microgotas liberadas mediante aspersión tengan un tamaño entre 1,25 y 4 veces mayor que estos pelos radiculares. Esto facilita enormemente la tarea que tiene que realizar la planta para absorber esta agua cargada de nutrientes, contando además con una gran oxigenación al estar expuestas al aire. Como consecuencia, se produce un crecimiento mucho más rápido y vigoroso en las plantas, no solo en su parte verde, sino también en la zona radicular que no encuentra ningún tipo de oposición a su expansión por parte del aire.

La oscuridad es completamente imprescindible en la zona radicular dependiendo de qué tipo de planta se vaya a cultivar, pero resulta especialmente necesaria para las plantas comerciales cultivadas bajo estas condiciones. Si no se dieran estas condiciones de oscuridad, se produciría un intento de adaptación por parte de las raíces durante los primeros estadios y una posterior muerte de esta zona, lo que causaría la muerte de todo el vegetal.

Como es lógico, según las variedades vegetales que se vayan a cultivar, tendrán unos requerimientos de espacio mayores o menores, siendo en esta parte más crítica la zona superior donde se sitúan las hojas. Una aglomeración de masa foliar puede generar la aparición de plagas, la falta de ventilación, infecciones fúngicas o la falta de luz en algunas zonas de la planta. En el cultivo que se está diseñando, las plantas se comercializarán cuando aún no se encuentren en la edad adulta, por lo que los requerimientos de espacio serán limitados.

La alimentación es completamente indispensable, ya que las plantas no podrían desarrollarse tan solo con agua. Por suerte, existe una gran cantidad de fertilizantes con muy diversas composiciones y características, lo que simplifica el proceso de diseño al existir preparados diseñados para cultivos hidropónicos y perfectamente adaptables a los sistemas aeropónicos. Será elección del agricultor elegir estos productos y adecuarlos a las especies vegetales que desee producir.

Al igual que los fertilizantes, será tarea del agricultor la elección de los fitosanitarios que desee aplicar en el riego, ya que, en función de la variedad, la planta será sensible a ciertos productos o propensa a la aparición de plagas específicas. Aun así, se hace indispensable el aporte de algún tipo de antifúngico. Cosa que no se puede pasar por alto, ya que las condiciones ideales para el crecimiento de las raíces de las plantas, también lo son para los hongos, algunos podrían ser beneficiosos, pero ante el riesgo de muerte e infección de todo el cultivo es preferible intentar evitarlos desde un inicio. Resulta difícil eliminar una infección fúngica de un cultivo, por lo que pueden quedar residuos e infectar también a los cultivos posteriores.

2.3.2. Elección de los aspersores

Para cumplir con los requerimientos descritos en el apartado anterior se ha realizado una búsqueda de los diferentes sistemas que pueden ofrecernos un tamaño de gota adecuado.

Finalmente se ha elegido un tipo de aspersor de impacto debido a su fácil montaje, la generación de un tamaño de gota dentro del rango especificado (entre 20 y 70 micras), su fácil mantenimiento y sustitución, así como el bajo riesgo de obturación que presenta al no tener partes o circuitos internos.

Dentro del catálogo del fabricante encontramos este aspersor fabricado en diferentes materiales, como son el latón, el acero inoxidable 303 y el acero inoxidable 316. Se ha optado por los fabricados en latón, ya que no estarán sometidos a un elevado desgaste por abrasión. Además, se colocará un filtro de polipropileno con una maya de 70 micras para evitar la obturación y posibles daños del mismo, alargando así su vida útil.

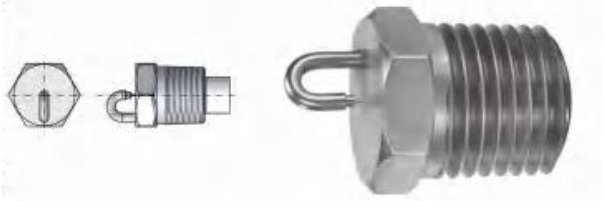


Ilustración 48: Aspersores JM12. Fuente: Catálogo CYCO, JM Impingement noozles.

Sus características de funcionamiento están recogidas en la siguiente tabla extraída del catálogo del fabricante.

Male Pipe Size	Nozzle Number	K Factor	LITERS PER MINUTE @ BAR								Approx. Orifice Dia. (mm)	Approx. Cov. D (mm)	Approx. Spray Height H (mm)	Pipe Size	Dim. (mm)		Wt. (g) Metal
			2 bar	3 bar	5 bar	10 bar	20 bar	30 bar	50 bar	70 bar					A	B	
1/8 OR 1/4	JM6	0.0137			0.031	0.043	0.061	0.075	0.097	0.114	0.152	203	103	1/8	19.1	11.1	7
	JM8	0.0259			0.058	0.082	0.116	0.142	0.183	0.217	0.203	254	127				
	JM10	0.0387		0.067	0.087	0.123	0.173	0.212	0.274	0.324	0.254	254	127				
	JM12	0.0524		0.091	0.117	0.166	0.234	0.287	0.371	0.439	0.305	254	127				
	JM15	0.0843	0.119	0.146	0.189	0.267	0.377	0.462	0.596	0.705	0.381	254	127				
	JM20	0.153	0.216	0.264	0.341	0.483	0.683	0.836	1.08	1.28	0.508	310	155	1/4	24.6	14.2	
	JM24	0.228	0.322	0.395	0.510	0.721	1.02	1.25	1.61	1.91	0.610	400	200				
	JM28	0.296	0.419	0.513	0.662	0.937	1.32	1.62	2.09	2.48	0.711	460	230				
	JM32	0.410	0.902	0.710	0.917	1.297	1.83	2.25	2.90	3.43	0.813	560	280				
	JM40	0.638	0.902	1.11	1.43	2.02	2.85	3.49	4.51	5.34	1.02	610	305				

Flow Rate (l/min) =K √ bar

Ilustración 49: Datos técnicos de los aspersores. Fuente: Hoja de características JM Impingement noozles.

En concreto, se ha elegido el modelo JM12, al cual se le aplicará una presión de 5 bar para así emitir 0,117 l/min, aproximadamente 7 l/h, que es muy cercano a lo aplicado en riegos más tradicionales (8 l/h) y cumpliendo así las necesidades hídricas de las plantas.

El patrón de emisión de estos aspersores se representa en la siguiente ilustración.

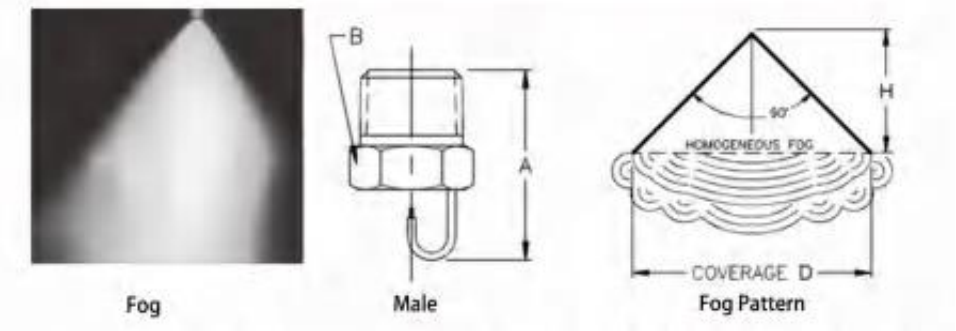


Ilustración 50: Patrón de aspersión de los emisores. Fuente: Hoja de características JM Impingement noozles.

Aplicando las características aportadas por el fabricante en la ficha técnica, se puede determinar que cubren un ángulo de 90°, siendo la máxima distancia —en la que la aspersión es homogénea— de 127 mm y cubriendo un diámetro de 254 mm.

La altura total del aspersor es de 19,1 mm, 11,1 mm de diámetro y siendo posible su montaje en una tubería de un tamaño mínimo de 1/8.

2.3.3. Bandeja de cultivo

Se ha optado por la elección de una bandeja de cultivo amplia, en la que se pueden introducir todos los elementos para el riego y a la vez albergar espacio suficiente para el crecimiento de las raíces.

Ilustración 51: Bandejas de cultivo PVC. Fuente: Catálogo DITAI-SEEDING.

Son bandejas conformadas por vacío que se fabrican según las especificaciones del cliente. La elección del material ha debido adecuarse a los parámetros ambientales que se han de soportar en el interior del invernadero y los producidos por el sistema de cultivo aeropónico. Esta contará con unas dimensiones de 5000 x 2000 x 200 y canales para la recogida de exceso de agua, como se muestra en la imagen anterior. La empresa que se

encarga de su fabricación nos proporciona un cuadro de los materiales disponibles y las características que presentan para así poder elegir el más adecuado.

Material plástico	Ventaja	Desventaja
ABS (acrilonitrilo butadieno estireno)	Ingeniería de plástico que se puede personalizar para los niveles deseados de rigidez dureza calor y muchos otros Las características	Sensible a los rayos UV- requiere una protección UV de capa para la exposición prolongada
PS (poliestireno)	De plástico transparente muy moldeable barato reciclable de alta resistencia química de la resistencia eléctrica de distorsión ~ 200 °F	Las grietas y se rompe fácilmente
Caderas (poliestireno de alto impacto)	Muy moldeable relativamente barato	Muy moldeable relativamente barato
PVC (policloruro de vinilo)	Muy Alta resistencia química mancha resistente al más rígido que el ABS de alta temperatura ambiente Impacto natural ignífugo Cualidades	Difícil de proceso
Policarbonato	Alta resistencia al impacto de alta claridad- transparente a la precisión de moldeo por buen aislante de calor Distorsión punto ~ 270 °F	Baja resistencia química a ciertas sustancias (aceite de gasolina productos químicos) puede ser difícil proceso de más material y Costo de procesamiento
De policarbonato/ABS	En comparación con cierto policarbonato menos caro menor calor distorsión ~ 240 °F mucho más fácil proceso superior química Resistencia	En comparación con cierto policarbonato reducido claridad menor calor distorsión ~ 240 °F
PETG (Polietileno tereftalato),	Muy fácil proceso de alta claridad-para piezas transparentes	No UV estable inadecuado para la exposición prolongada

Ilustración 52: Características de los materiales para bandejas de cultivo. Fuente: Catálogo DITAI-SEEDING.

Teniendo en cuenta estos factores, se ha decidido optar por unas bandejas de PVC por su resistencia química y a los agentes climáticos, ya que algunos tratamientos que se apliquen al agua podrían producir este tipo de corrosión.

También se emplearán bandejas de dimensiones más reducidas para así cubrir mejor todo el espacio de cultivo. Sus dimensiones serán de 2500 x 2000 x 200.

2.3.4. Patrón de aspersión

Se ha investigado acerca de las diferentes distribuciones de los aspersores en riegos. Las tres principales son cuadrado, rectangular y triangular (tresbolillo).

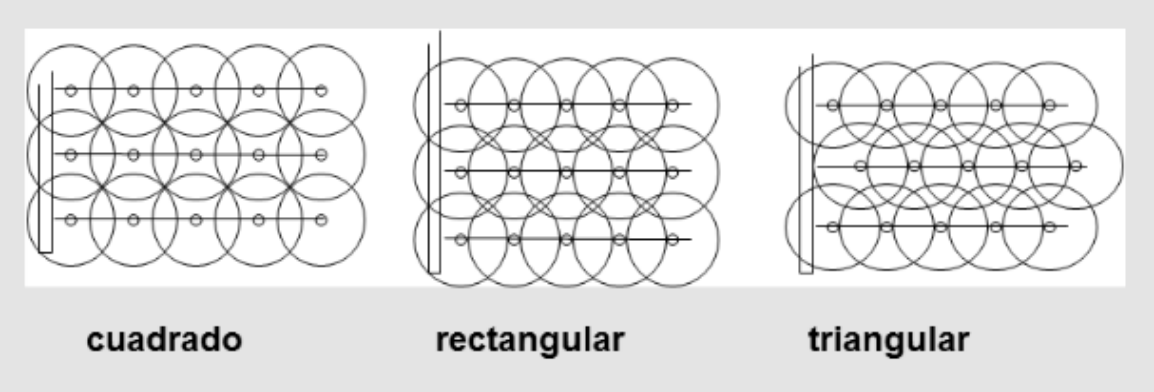


Ilustración 53: Esquema de tipos de patrones de aspersión. Fuente: Google Imágenes.

Finalmente se ha optado por una distribución en tresbolillo, puesto que es la que mejor aprovecha el espacio y produce los mejores solapes para este tipo de cultivo.

Adaptando está distribución al espacio disponible dentro de las bandejas y a los aspersores elegidos se ha obtenido el siguiente esquema.

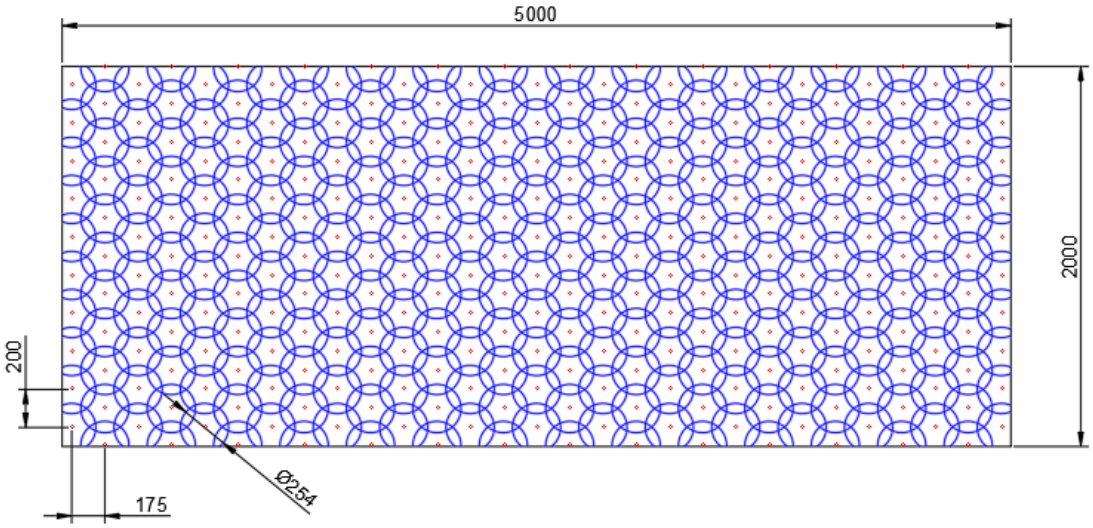


Ilustración 54: Patrón de aspersión diseñado para las mesas de cultivo.

Como se puede observar se han situado de tal forma que cubren todo el espacio de cultivo y limitando las zonas donde se producen los solapes para así evitar un riego excesivo.

Los aspersores se situarán en la parte baja de la bandeja y expulsarán el agua de forma ascendente para que la niebla producida se extienda y permanezca más tiempo en el aire. Si

apuntases en dirección descendente esta niebla chocaría directamente en algunas zonas con la parte inferior de la bandeja, de forma que esa agua tendría menos posibilidades de llegar a las raíces y por tanto sería desperdiciada.

2.3.5. Red hidráulica de las mesas de cultivo

Para el diseño de la red que integrará todos los aspersores dentro de las mesas de cultivo, se ha optado por el uso de tuberías de polietileno, ampliamente usadas en el sector agronómico para los sistemas de riego. Para el diseño de esta red, se ha usado el *software* de análisis de agua EPANET.

Se ha comenzado haciendo un recuento de los emisores necesarios por mesa y del caudal de entrada necesario. Contarán con 304 aspersores por mesa, con un caudal total de 35,57 l/min.

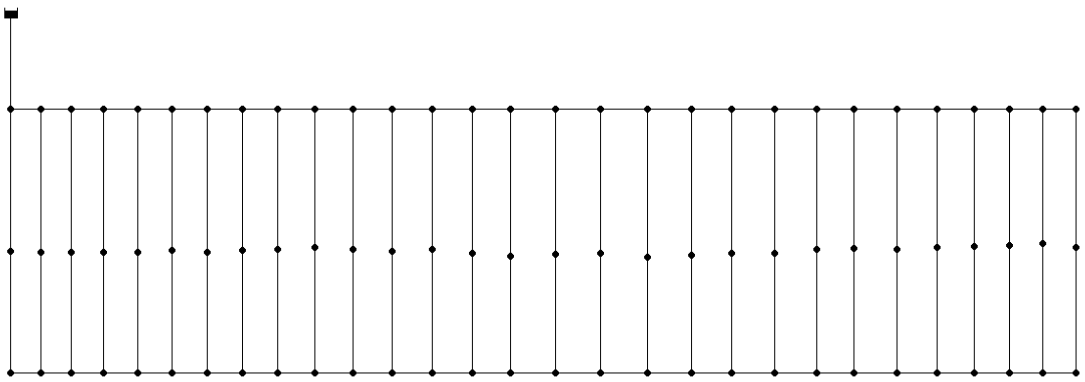


Ilustración 55: Esquema simplificado de la red hidráulica de las mesas de cultivo realizado en EPANET.

En este esquema se muestra la simplificación realizada para poder realizar su análisis en EPANET. Se divide en dos tuberías de 32 mm de diámetro, las cuales constan de un diámetro interno de 29 mm. Una de ellas actuará como tubería terciaria en la que se encuentra la toma de agua, abasteciendo a las ramas salientes que portan los aspersores, y otra que cerrará el circuito mallándolo para conseguir una mejor distribución de presiones en la red. Las tuberías salientes de la tubería terciaria tendrán un diámetro de 16 mm, siendo su diámetro interior de 13,1 mm.

En la siguiente imagen, pueden verse las etiquetas identificativas de las tuberías y los nudos.

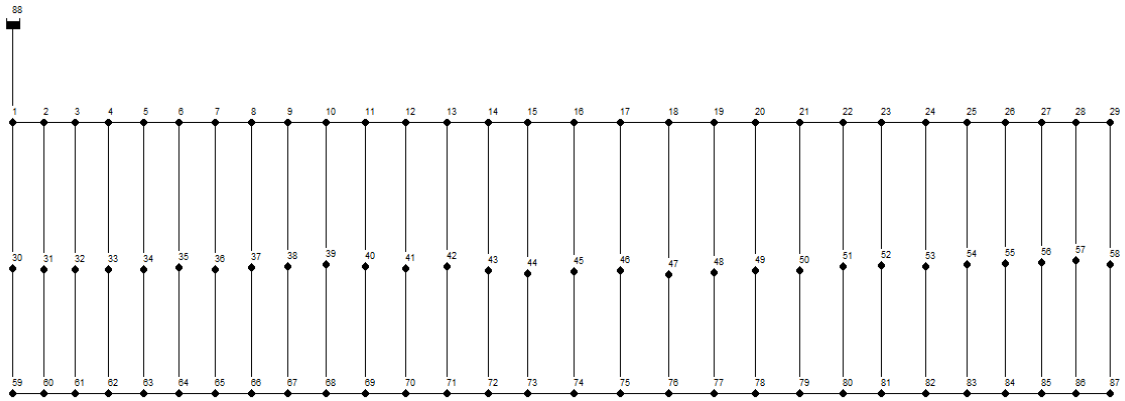


Ilustración 56: Esquema simplificado de la red hidráulica de las mesas de cultivo realizado en EPANET en el que se muestras las etiquetas de identificación de los nudos.

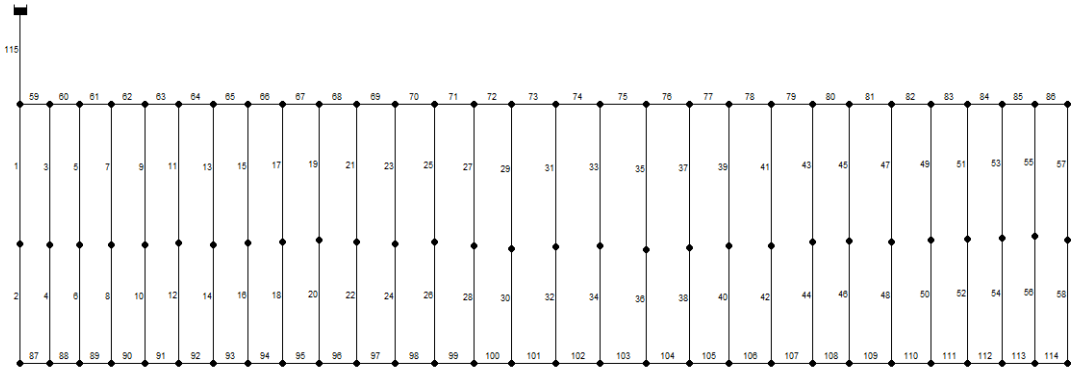


Ilustración 57: Esquema simplificado de la red hidráulica de las mesas de cultivo realizado en EPANET en el que se muestras las etiquetas de identificación de las tuberías.

En algunas tuberías de 16, se colocarán 10 aspersores y en otras, 11, dependiendo de la posición de estas y con la finalidad de cumplir con el patrón de riego diseñado.

A continuación, se ha parametrizado el embalse del que se tomará el agua en el modelo con una altura de 50 metros. Por su parte, la tubería que conecta la mesa con el embalse ha sido sobredimensionada en diámetro (300) y acortada en longitud para que no influya en los datos de que se quieren obtener de la red de la mesa.

La representación de los datos obtenidos puede verse en la siguiente imagen.

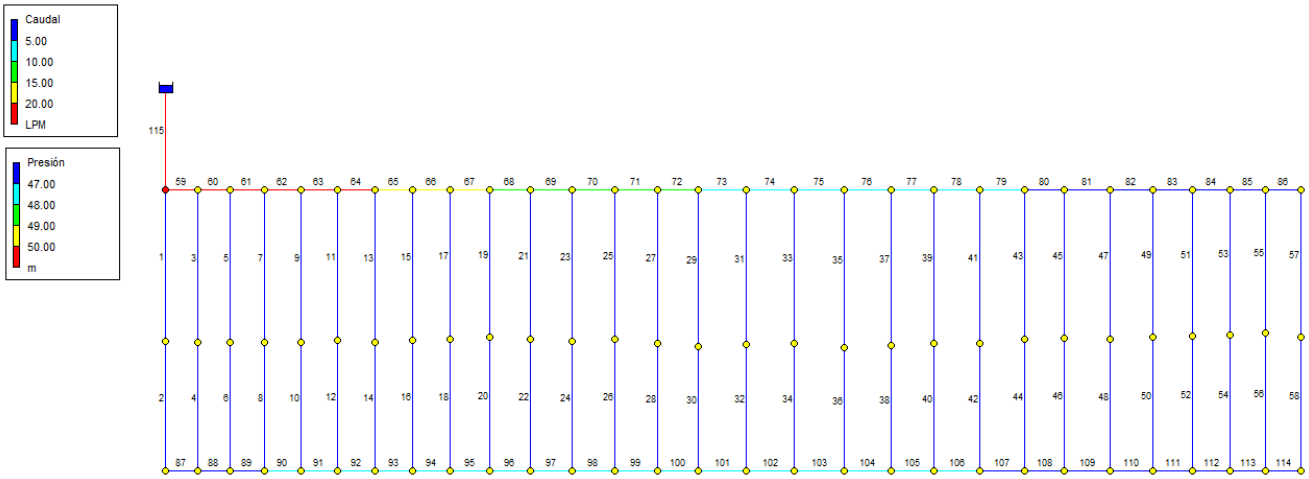


Ilustración 58: Resultados de las presiones y caudales de la red hidráulica simplificada de las mesas de cultivo obtenidos de EPANET.

Los datos obtenidos de esta red pueden verse en la tabla proporcionada por EPANET en la que se verán los datos de los nudos representativos.

ID Nudo	Demanda Base LPM	Presión m
Conexión 27	0	49.96
Conexión 28	0	49.96
Conexión 29	0	49.96
Conexión 30	1.17	49.97
Conexión 31	1.287	49.97
Conexión 32	1.17	49.97
Conexión 33	1.287	49.97
Conexión 34	1.17	49.97
Conexión 35	1.287	49.97
Conexión 36	1.17	49.97
Conexión 37	1.287	49.97
Conexión 38	1.17	49.96
Conexión 39	1.287	49.96
Conexión 40	1.17	49.96
Conexión 41	1.287	49.96
Conexión 42	1.17	49.96

Conexión 43	1.287	49.96
Conexión 44	1.17	49.96
Conexión 45	1.287	49.96
Conexión 46	1.17	49.96
Conexión 47	1.287	49.96
Conexión 48	1.17	49.96
Conexión 49	1.287	49.96
Conexión 50	1.17	49.96
Conexión 51	1.287	49.96
Conexión 52	1.17	49.96
Conexión 53	1.287	49.96
Conexión 54	1.17	49.96
Conexión 55	1.287	49.96
Conexión 56	1.17	49.96
Conexión 57	1.287	49.96
Conexión 58	1.17	49.96
Conexión 59	0	49.97

Tabla 18: Datos de presión en los emisores de las mesas obtenidos de EPANET.

Asimismo, se han obtenido los datos de las tuberías que componen esta red.

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPM	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería 1	1	13.1	3.06	0.38	26.00
Tubería 2	1	13.1	1.89	0.23	7.87
Tubería 3	1	13.1	2.85	0.35	22.88
Tubería 4	1	13.1	1.57	0.19	4.41
Tubería 5	1	13.1	2.53	0.31	18.45
Tubería 6	1	13.1	1.36	0.17	3.33
Tubería 7	1	13.1	2.30	0.28	14.82
Tubería 8	1	13.1	1.02	0.13	2.44
Tubería 9	1	13.1	2.11	0.26	11.32
Tubería 10	1	13.1	0.94	0.12	2.24
Tubería 11	1	13.1	1.97	0.24	8.92
Tubería 12	1	13.1	0.68	0.08	1.63
Tubería 13	1	13.1	1.80	0.22	6.62
Tubería 14	1	13.1	0.63	0.08	1.52
Tubería 15	1	13.1	1.68	0.21	5.30
Tubería 16	1	13.1	0.39	0.05	0.93
Tubería 17	1	13.1	1.50	0.19	3.96
Tubería 18	1	13.1	0.33	0.04	0.80
Tubería 19	1	13.1	1.38	0.17	3.40
Tubería 20	1	13.1	0.09	0.01	0.24
Tubería 21	1	13.1	1.16	0.14	2.80
Tubería 22	1	13.1	-0.01	0.00	0.01
Tubería 23	1	13.1	1.09	0.13	2.62
Tubería 24	1	13.1	-0.20	0.02	0.47
Tubería 25	1	13.1	0.93	0.12	2.23
Tubería 26	1	13.1	-0.24	0.03	0.57
Tubería 27	1	13.1	0.91	0.11	2.19
Tubería 28	1	13.1	-0.37	0.05	0.90
Tubería 29	1	13.1	0.80	0.10	1.91
Tubería 30	1	13.1	-0.37	0.05	0.90
Tubería 31	1	13.1	0.81	0.10	1.94
Tubería 32	1	13.1	-0.47	0.06	1.15
Tubería 33	1	13.1	0.72	0.09	1.72
Tubería 34	1	13.1	-0.45	0.06	1.09
Tubería 35	1	13.1	0.75	0.09	1.80
Tubería 36	1	13.1	-0.53	0.07	1.29

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPM	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería 37	1	13.1	0.67	0.08	1.61
Tubería 38	1	13.1	-0.50	0.06	1.20
Tubería 39	1	13.1	0.72	0.09	1.72
Tubería 40	1	13.1	-0.57	0.07	1.37
Tubería 41	1	13.1	0.64	0.08	1.54
Tubería 42	1	13.1	-0.53	0.07	1.27
Tubería 43	1	13.1	0.69	0.09	1.66
Tubería 44	1	13.1	-0.60	0.07	1.44
Tubería 45	1	13.1	0.62	0.08	1.49
Tubería 46	1	13.1	-0.55	0.07	1.32
Tubería 47	1	13.1	0.68	0.08	1.62
Tubería 48	1	13.1	-0.61	0.08	1.47
Tubería 49	1	13.1	0.62	0.08	1.48
Tubería 50	1	13.1	-0.55	0.07	1.33
Tubería 51	1	13.1	0.67	0.08	1.62
Tubería 52	1	13.1	-0.61	0.08	1.47
Tubería 53	1	13.1	0.61	0.08	1.48
Tubería 54	1	13.1	-0.56	0.07	1.33
Tubería 55	1	13.1	0.67	0.08	1.61
Tubería 56	1	13.1	-0.62	0.08	1.47
Tubería 57	1	13.1	0.61	0.08	1.47
Tubería 58	1	13.1	-0.56	0.07	1.33
Tubería 59	0.175	29	32.50	0.82	37.84
Tubería 60	0.175	29	29.65	0.75	31.84
Tubería 61	0.175	29	27.12	0.68	26.92
Tubería 62	0.175	29	24.81	0.63	22.83
Tubería 63	0.175	29	22.71	0.57	19.35
Tubería 64	0.175	29	20.74	0.52	16.34
Tubería 65	0.175	29	18.94	0.48	13.85
Tubería 66	0.175	29	17.27	0.44	11.67
Tubería 67	0.175	29	15.77	0.40	9.86
Tubería 68	0.175	29	14.39	0.36	8.37
Tubería 69	0.175	29	13.23	0.33	7.18
Tubería 70	0.175	29	12.14	0.31	6.14
Tubería 71	0.175	29	11.21	0.28	5.32
Tubería 72	0.175	29	10.29	0.26	4.57

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPM	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería 72	0.175	29	10.29	0.26	4.57
Tubería 73	0.175	29	9.49	0.24	3.93
Tubería 74	0.175	29	8.68	0.22	3.38
Tubería 75	0.175	29	7.96	0.20	2.87
Tubería 76	0.175	29	7.21	0.18	2.42
Tubería 77	0.175	29	6.53	0.16	2.05
Tubería 78	0.175	29	5.82	0.15	1.67
Tubería 79	0.175	29	5.17	0.13	1.30
Tubería 80	0.175	29	4.48	0.11	0.85
Tubería 81	0.175	29	3.86	0.10	0.53
Tubería 82	0.175	29	3.19	0.08	0.32
Tubería 83	0.175	29	2.57	0.06	0.27
Tubería 84	0.175	29	1.90	0.05	0.19
Tubería 85	0.175	29	1.28	0.03	0.13
Tubería 86	0.175	29	0.61	0.02	0.05
Tubería 87	0.175	29	1.89	0.05	0.19
Tubería 88	0.175	29	3.46	0.09	0.40
Tubería 89	0.175	29	4.82	0.12	1.06
Tubería 90	0.175	29	5.84	0.15	1.67
Tubería 91	0.175	29	6.78	0.17	2.18
Tubería 92	0.175	29	7.46	0.19	2.55
Tubería 93	0.175	29	8.09	0.20	2.98
Tubería 94	0.175	29	8.47	0.21	3.22
Tubería 95	0.175	29	8.80	0.22	3.45
Tubería 96	0.175	29	8.89	0.22	3.51
Tubería 97	0.175	29	8.88	0.22	3.51
Tubería 98	0.175	29	8.69	0.22	3.38
Tubería 99	0.175	29	8.45	0.21	3.19
Tubería 100	0.175	29	8.08	0.20	2.98
Tubería 101	0.175	29	7.70	0.19	2.71
Tubería 102	0.175	29	7.23	0.18	2.45
Tubería 103	0.175	29	6.78	0.17	2.18
Tubería 104	0.175	29	6.25	0.16	1.86
Tubería 105	0.175	29	5.75	0.15	1.65
Tubería 106	0.175	29	5.18	0.13	1.30
Tubería 107	0.175	29	4.65	0.12	0.96

Tubería 108	0.175	29	4.06	0.10	0.61
Tubería 109	0.175	29	3.51	0.09	0.43
Tubería 110	0.175	29	2.90	0.07	0.29
Tubería 111	0.175	29	2.34	0.06	0.24
Tubería 112	0.175	29	1.73	0.04	0.16
Tubería 113	0.175	29	1.17	0.03	0.13
Tubería 114	0.175	29	0.56	0.01	0.05
Tubería 115	1	300	35.57	0.01	0.00

Tabla 19: Datos y resultados obtenidos de la red hidráulica de las mesas obtenidos de EPANET.

2.3.6. Estructura metálica

La mesa debe ir elevada respecto del nivel del suelo para facilitar el trabajo en ella y permitir que otro tipo de instalaciones pasen por debajo. Para el diseño de las mesas, se han tomado como referencia base las dimensiones de las bandejas de cultivo, de tal forma que se genere una estructura portante que aporte mayor rigidez a las mismas.

Para su construcción, se utilizará tubo de acero dulce 40 x 40 x 1,5 con un tratamiento de galvanizado para aguantar las condiciones de humedad en el interior del invernadero. Todas las uniones serán soldadas a excepción de las ruedas de nylon, las cuales irán sujetas con tornillos de cabeza hexagonal DIN 931 de métrica 8, con una longitud total de 30 mm y una roscada parcial de 22 mm. Se fijará con el uso de tuercas hexagonales DIN 934 de métrica 8 y dos arandelas de ajustes DIN 988 con un diámetro de 10 mm. Las ruedas estarán fabricadas en nylon, con una capacidad portante de 200 kg/rueda y frenos individuales. Para la instalación de las ruedas, se soldará una pletina con los correspondientes agujeros en la base de las patas.

Para evitar el pandeo de la mesa, se han dispuesto patas en la zona central y, para aportar rigidez a estas, se les soldarán tubos cortados en sus extremos con un ángulo de 45°, actuando estos como ángulos para evitar la flexión de las patas durante el desplazamiento.

Alrededor del perímetro de la mesa se soldarán unos trozos de barilla de 20 mm de diámetro para así poder tensar la lona que portará las plantas mediante el uso de gomas elásticas.

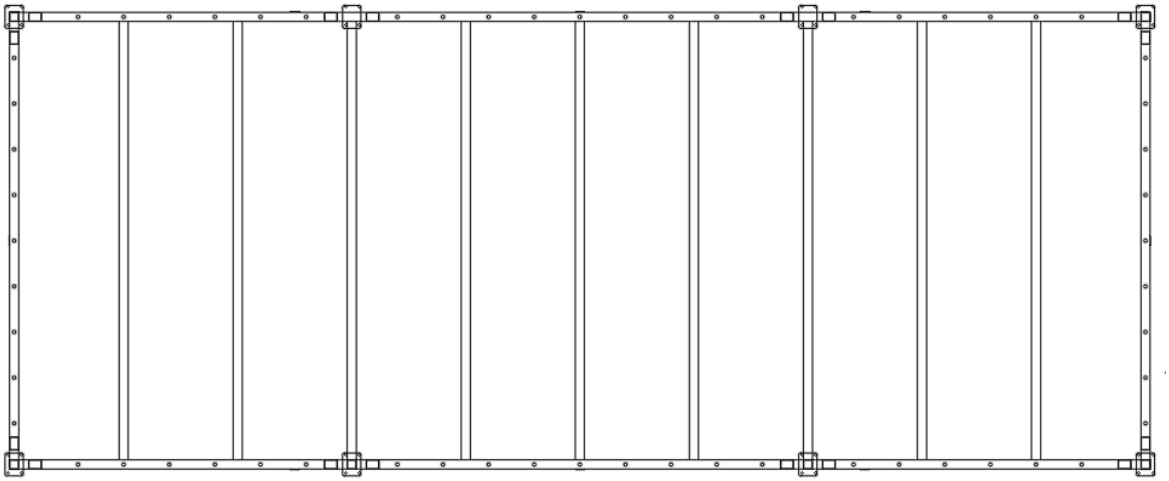


Ilustración 59: Vista en planta del diseño de la estructura metálica de las mesas de cultivo.

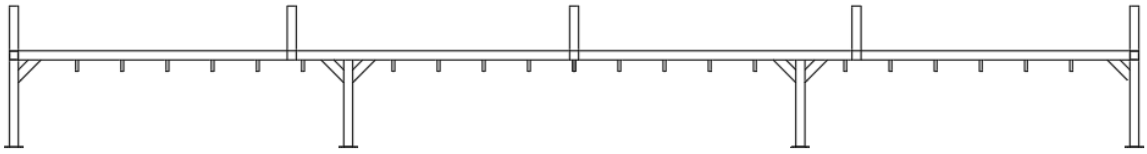


Ilustración 60: Alzado del diseño de la estructura metálica de las mesas de cultivo.

2.3.7. Sujeción y distribución de las plantas

2.3.7.1. Sujeción de las plantas

En los cultivos aeropónicos, la sujeción de las plantas conforma uno de los detalles más importantes, ya que no disponen de un sustrato al que aferrar sus raíces. Los métodos empleados pueden corresponderse con los utilizados en los —más extendidos— cultivos hidropónicos, pero, al tratarse de bandejas tan amplias, no se han desarrollado sistemas que puedan adaptarse al modelo aeropónico.

Se barajaron varias posibilidades, como la utilización de la misma red hidráulica que riega las mesas para sostener las plantas, pero, de esta forma, los emisores apuntarían hacia abajo. Los problemas de este método se han recogido en el apartado anterior sobre el patrón de aspersión.

Otra posibilidad consistía en la sustitución del uso de bandejas por tuberías de PVC en las que se realizarían agujeros sobre los que se sostendrían los vegetales. El principal problema de este sistema consiste en la reparación y el mantenimiento de los aspersores, los

cuales tendrían que situarse en otra tubería interior, lo que limitaría el espacio de maniobra y haría necesaria la extracción de esta tubería interna para alcanzar los emisores.

Finalmente, se ideó un método totalmente nuevo y que no se ha visto en ningún otro tipo de cultivo. Este consiste en el montaje de una lona de material geotextil a la cual se le realizan una serie de perforaciones circulares en las que se colocará un collarín de neopreno. La lona quedaría sujeta a la mesa y tensada por unas gomas elásticas situadas en el perímetro de la mesa. Estos collarines sujetarán la planta por la base del tallo y dejarán dentro de la bandeja la zona radicular. Además, sellarán completamente la zona, evitando así que entre la luz a la bandeja o salga el agua pulverizada por ellos. A estos discos se les realizará una pequeña incisión lateral para que así queden perfectamente sujetos a la lona geotextil.

Ilustración 61: Discos de neopreno para la sujeción de plantas. Fuente: Amazon.

2.3.7.2. Distribución de las plantas en la mesa

Solucionado el problema de fijación de las plantas, ahora se plantea qué distribución deben tener en la lona para que todas reciban la misma cantidad de agua y, por tanto, estén sujetas a los mismos parámetros.

La primera opción que se plantea es la de realizar un patrón de filas y columnas regulares, dejando una separación entre los agujeros para el crecimiento de las plantas. Esta idea quedó descartada por la diferencia que existiría en la cantidad de agua que recibirían unas plantas frente a otras. Además, algunas de las plantas quedarían situadas directamente sobre los aspersores, lo que provocaría que, tras hacer crecer sus raíces, la misma planta obstruyese el flujo de agua y generase una existencia aún mayor de irregularidades en el cultivo.

Finalmente, la opción elegida consiste en un patrón adaptado a la disposición de los emisores que, aunque no aproveche al máximo el espacio disponible, sitúa a los vegetales

en las zonas de solape máximo y nunca directamente sobre los emisores. Este patrón garantiza la regularidad del cultivo, permitiendo así que, en caso de realizar estudios genéticos sobre los vegetales, todos se encontrasen bajo las mismas condiciones de cultivo. Por otra parte, al situarse en la zona de solape producida por los aspersores, se produce un riego de forma directa por tres direcciones diferentes de las raíces, por lo que se consigue una mejor penetración del agua hacia la zona interior de la masa radicular.

En la confección del patrón de cultivo de las plantas, se han conformado dos modelos diferentes para así montar una lona u otra en función de las variedades que se quieran producir. Uno deja una zona de crecimiento de crecimiento para las plantas de 200 mm de diámetro, apto para variedades de un porte más bajo y más ramificadas. El otro patrón diseñado deja una zona de crecimiento de 112 mm de diámetro, más adecuado para vegetales de mayor altura y crecimiento más esbelto con menor ramificación.

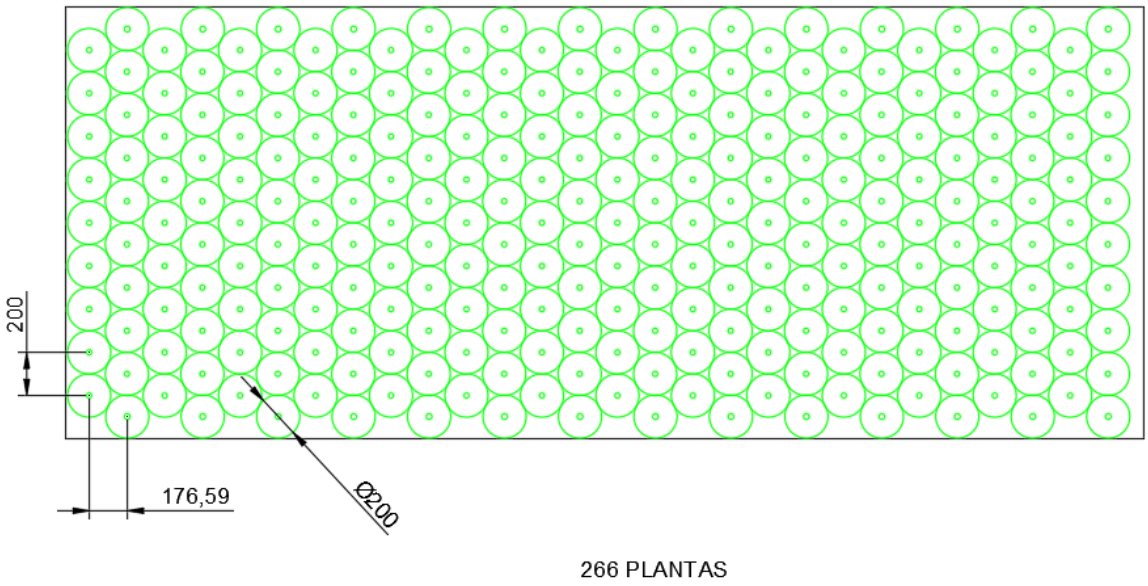


Ilustración 62: Esquema de distribución de las plantas en la mesa de cultivo (Opción 1).

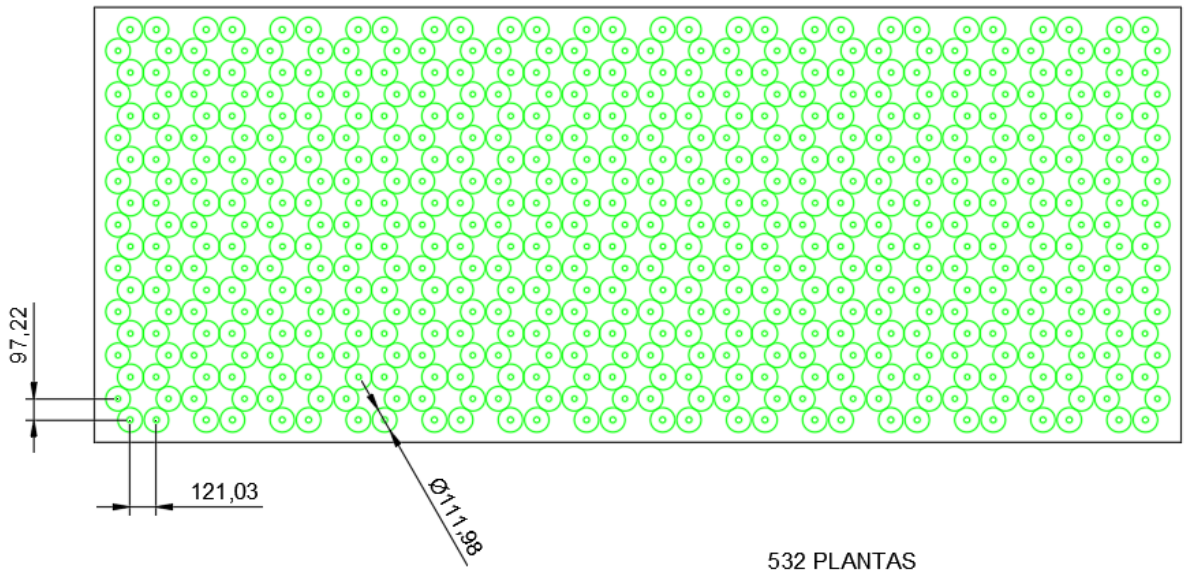


Ilustración 63: Esquema de distribución de las plantas en la mesa de cultivo (Opción 2).

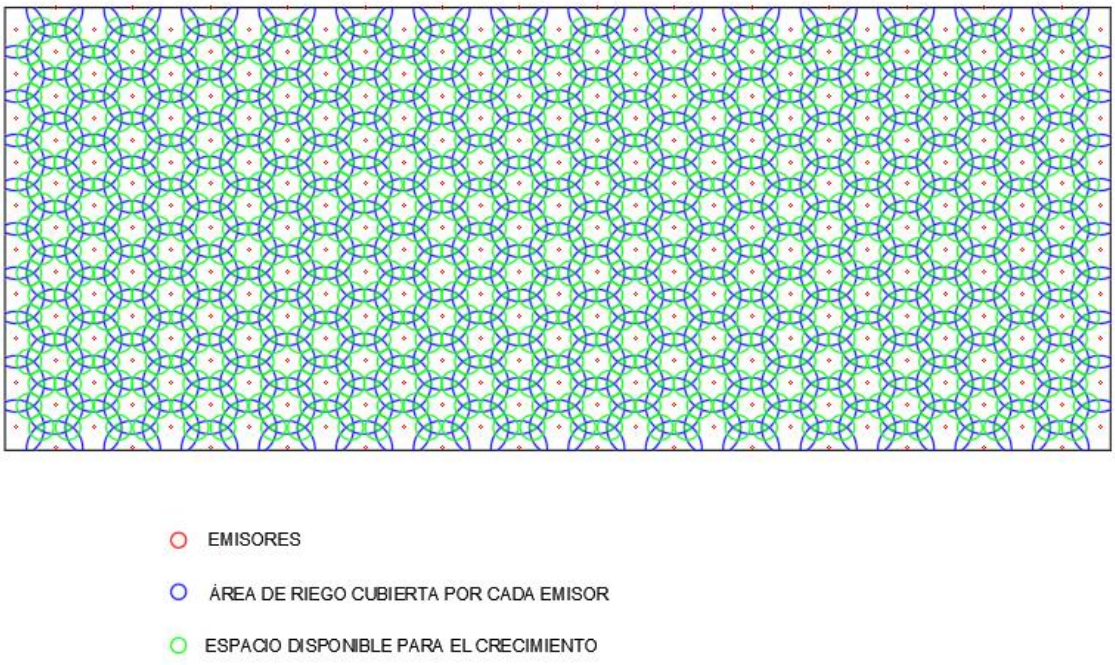


Ilustración 64: Esquema general de distribución de las mesas de cultivo (Opción 1).

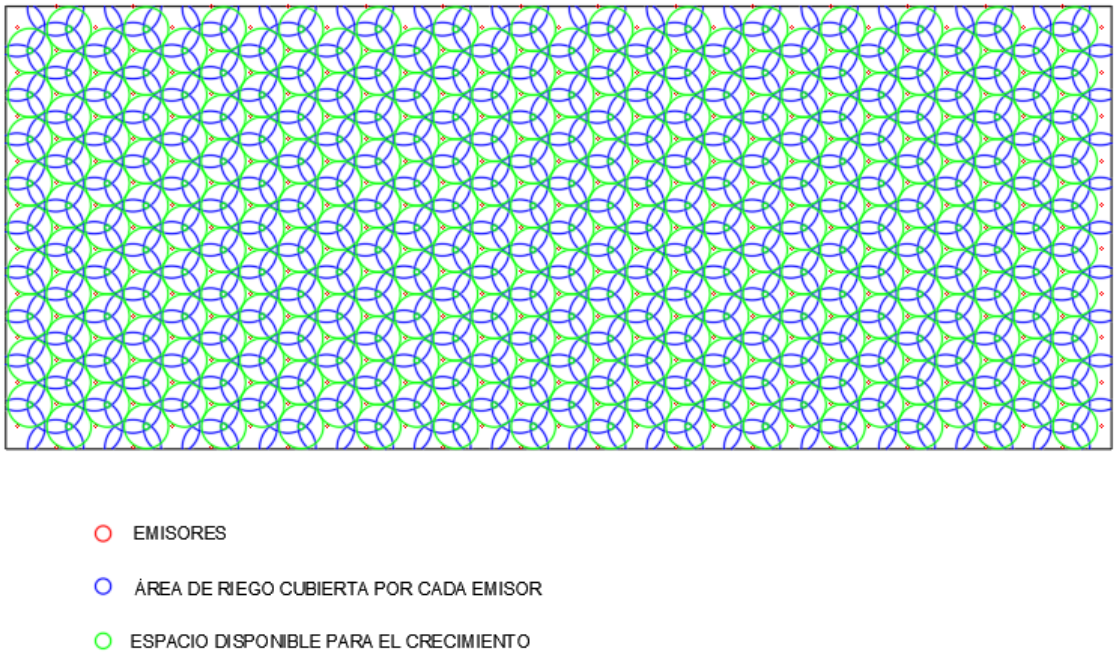


Ilustración 65: Esquema general de distribución de las mesas de cultivo (Opción 2).

2.3.8. Componentes auxiliares

Con la idea general de cómo se han diseñado las mesas, su finalidad y los componentes más específicos de los que debe disponer, se pasa a la definición del resto de componentes que asegurará la completa funcionalidad del sistema.

2.3.8.1. Componentes hidráulicos

A cada mesa se le añadirán una serie de elementos que asegurarán un flujo óptimo de agua para el riego y así conseguir cumplir con los requerimientos de la red.

A la entrada de agua se le añadirán una válvula antirretorno para poder desconectar la mesa del riego cuando sea necesario, pudiendo así desplazarlas sin que el agua escape del circuito, y una válvula de bola para el corte manual.

Ilustración 66: Válvula de apertura/cierre de bola. Fuente: Catálogo REGABER.

Ilustración 67: Válvula antirretorno. Fuente: Catálogo REGABER.

También contará con una electroválvula para que se produzca el riego cuando nuestro sistema de automatización lo ordene.

Ilustración 68: Electroválvula. Fuente: REGABER.

Por último, se le incluirá, tras todos estos componentes, una válvula reguladora de presión de tres vías, la cual adecuará el flujo de agua a la presión determinada en ella y una válvula de drenaje manual a la salida del circuito.

Ilustración 69: Válvula reguladora de presión de 3 vías. Fuente: Catálogo REGABER.

Todas las uniones se realizarán mediante accesorios de *fitting* de polietileno. La recogida de aguas de la bandeja se hará mediante la instalación de una manguera de polietileno flexible, conectada al drenaje de la red de la mesa y cuya desembocadura irá a parar a una rejilla de drenaje situada en el suelo.

2.3.8.2. Componentes mecánicos

Como ya se ha descrito en el apartado de diseño de la estructura metálica, se unirán a la base de las patas de las mesas unas ruedas de nylon con freno. Estas permitirán el desplazamiento de las mesas liberando el espacio para permitir el paso a fin de trabajar en los pasillos generados. Estas ruedas soportan una carga máxima de 200 kg por rueda, lo cual es más que suficiente para aguantar el peso de la mesa completa. Su freno es imprescindible para poder fijar las mesas en su lugar y que no se produzcan desplazamientos accidentales.

Ilustración 70: Rueda de nylon con freno (carga máxima 200 kg). Fuente: Spanish Alibaba.

2.3.8.3. Sensores y actuadores

Dentro de las bandejas de cultivo, se incluirá un sensor de humedad relativa que nos permita controlar lo que está pasando dentro de ella y así poder automatizar el proceso de riego.

El sensor elegido es del fabricante Arcus y nos da mediciones de temperatura y humedad relativa. Está preparado para trabajar en ambientes muy húmedos sin problemas. Su referencia es 30101000.

Ilustración 71: Sensor de humedad relativa. Fuente: Catálogo ARCUS.

También se incluye aquí la electroválvula del apartado anterior que nos permite su automatización gracias a su pilotaje haciendo uso de un electroimán.

2.3.9. Conclusión

Con este diseño de las mesas conseguimos un conjunto completamente funcional y adecuado a las necesidades de cultivo. No obstante, hará falta una prueba de funcionamiento físico para observar si hay que modificar la situación de alguno de los componentes para mejorar su funcionalidad.

LINARES, JUNIO DE 2020.

El alumno,

Fdo.: Pablo Jiménez.

2.4. Anexo IV. Instalaciones

2.4.1. Instalación hidráulica

2.4.1.1. Toma de agua

El agua se obtendrá de una balsa de riego adyacente o, en su defecto, de la red de agua del municipio. A la entrada, se colocará un contador y una válvula de cierre general.

Ilustración 72: Contador de agua. Fuente: Catálogo IBERTACOMA TARIFA.

Ilustración 73: Válvula de apertura/cierre de bola. Fuente: Catálogo REGABER.

2.4.1.2. Estación de filtrado

El agua irá a parar directamente a un grupo de filtros de arena automáticos que serán capaces de depurar el agua necesaria y dejarla lista para su uso en el cultivo.

Ilustración 74: Equipo de filtrado de arena. Fuente: Catálogo LAMA.

Estos filtros eliminarán las partículas sólidas que arrastre el agua dejando una cantidad menor de 50 ppm. La estación se compondrá de 3 filtros de 1200 mm de diámetro, capaces de filtrar hasta 105 m^3/h de forma adecuada. A la entrada y salida de estos, también se colocarán válvulas de corte para facilitar posteriores mantenimientos o sustituciones.

2.4.1.3. Equipo de fertiirrigación

Para el almacenamiento de los fertilizantes líquidos y tratamientos fitosanitarios necesarios para el cultivo, se dispondrán 3 depósitos de 2 m de diámetro por 3 m de alto fabricados en poliéster (9,42 m^3).

Ilustración 75: Depósito vertical de poliéster. Fuente: Google Imágenes.

En ellos, se almacenarán las disoluciones deseadas por el agricultor en cuestión. Su dosificación se realizará mediante el uso de bombas inyectoras.

Ilustración 76: Bomba de inyección para uso agrícola. Fuente: Catálogo REGABER.

Se colocará un depósito de mezcla, del mismo material y de las mismas dimensiones, en el que se verterá el agua obtenida de la estación de filtrado en el que se suministrarán los abonos y tratamientos necesarios.

A la entrada y salida de este depósito, también se colocarán válvulas de cierre, así como a la salida de los depósitos de fertiirrigación.

2.4.1.4. Red de suministro a las mesas

Para que el agua con la mezcla debidamente realizada llegue a las mesas de cultivo, se emplearán bombas centrífugas multicelulares de eje horizontal. Se colocarán tres que funcionarán en cascada, de forma que según los caudales puntuales emitidos por las mesas vayan aumentando su capacidad para así mantener la presión necesaria. Dos de ellas estarán en funcionamiento de forma normal y una quedará como reserva en caso de que alguna de las anteriores falle.

Las bombas elegidas funcionan a 1450 rpm y serán configuradas para aportar un caudal de 16 l/s cada una. Se le colocarán 4 impulsores, ya que cada uno eleva la presión 14 mca, dejando así una presión en el sistema de 56 mca. El caudal requerido si todas las mesas de cultivo funcionasen a la vez —lo cual es prácticamente imposible por el tipo de cultivo—, sería de 32,6 l/s. De esta forma, el suministro queda asegurado en los momentos críticos que pudiesen surgir gracias a la tercera bomba que se empleará como reserva, pero estará siempre conectada al sistema.

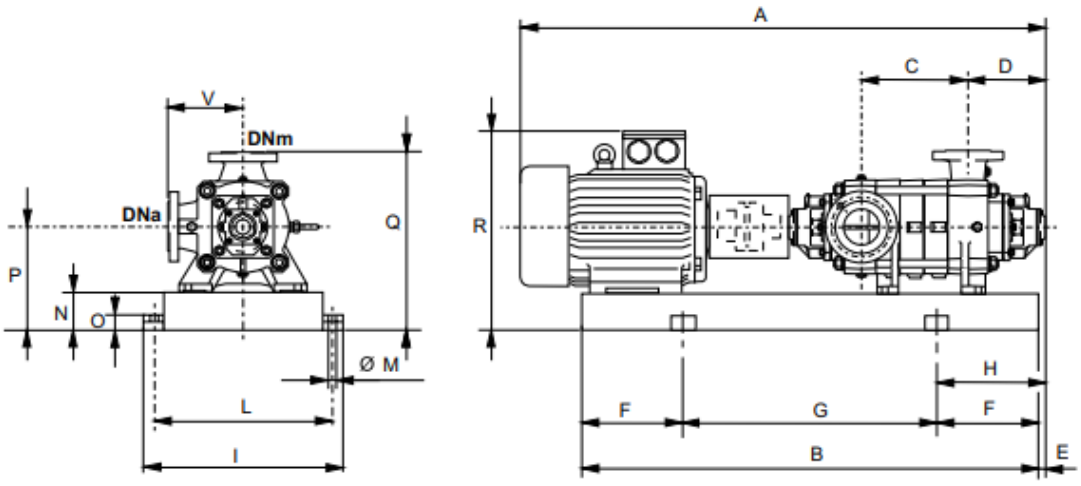


Ilustración 77: Bomba centrífuga horizontal multicelular. Fuente: Catálogo CAPRARI.

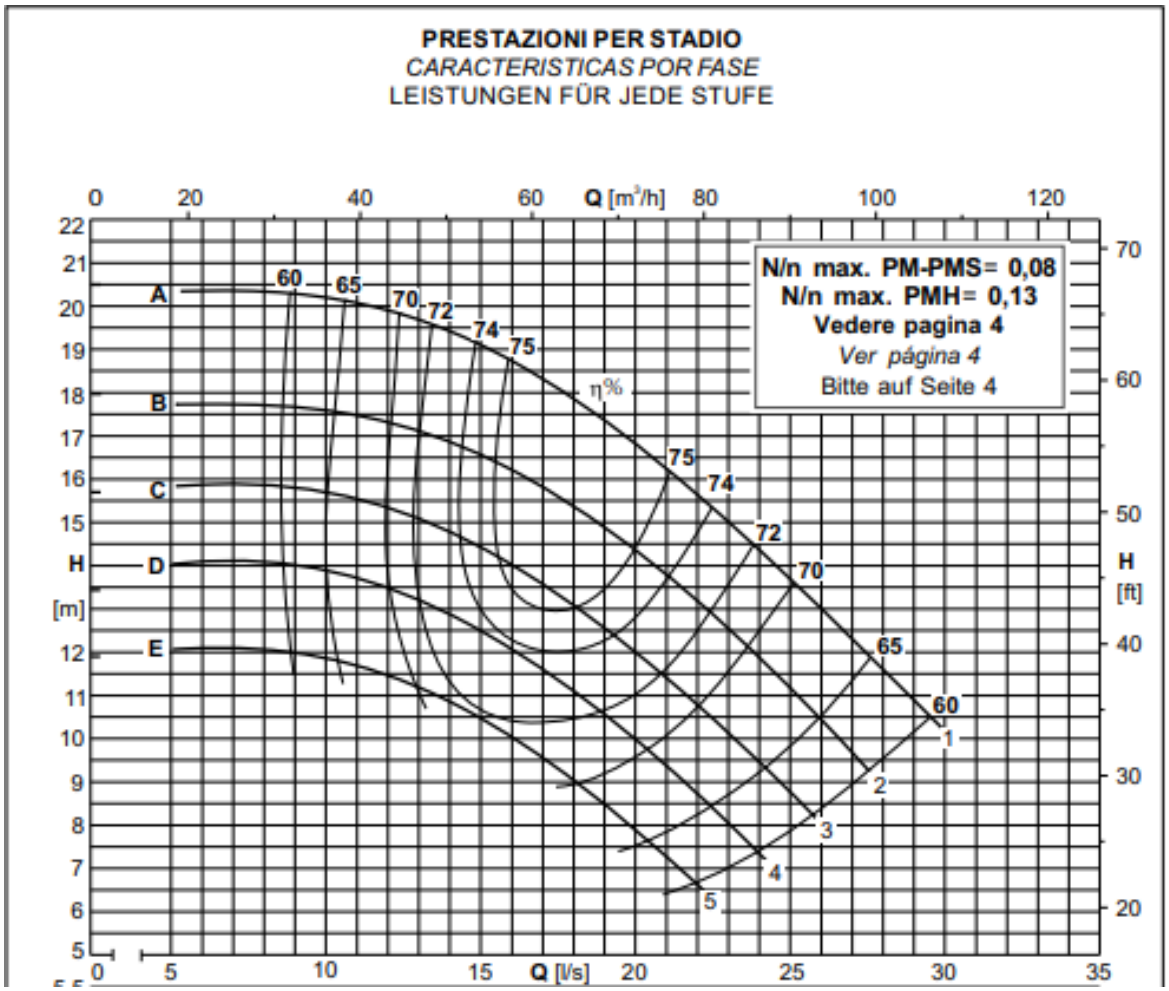


Ilustración 78: Gráfica de presión característica de las bombas. Fuente: Catálogo CAPRARI.

Para todas las conexiones a las mesas, se utilizarán tuberías de polietileno, cuya distribución ha sido analizada con el uso del *software* EPANET.

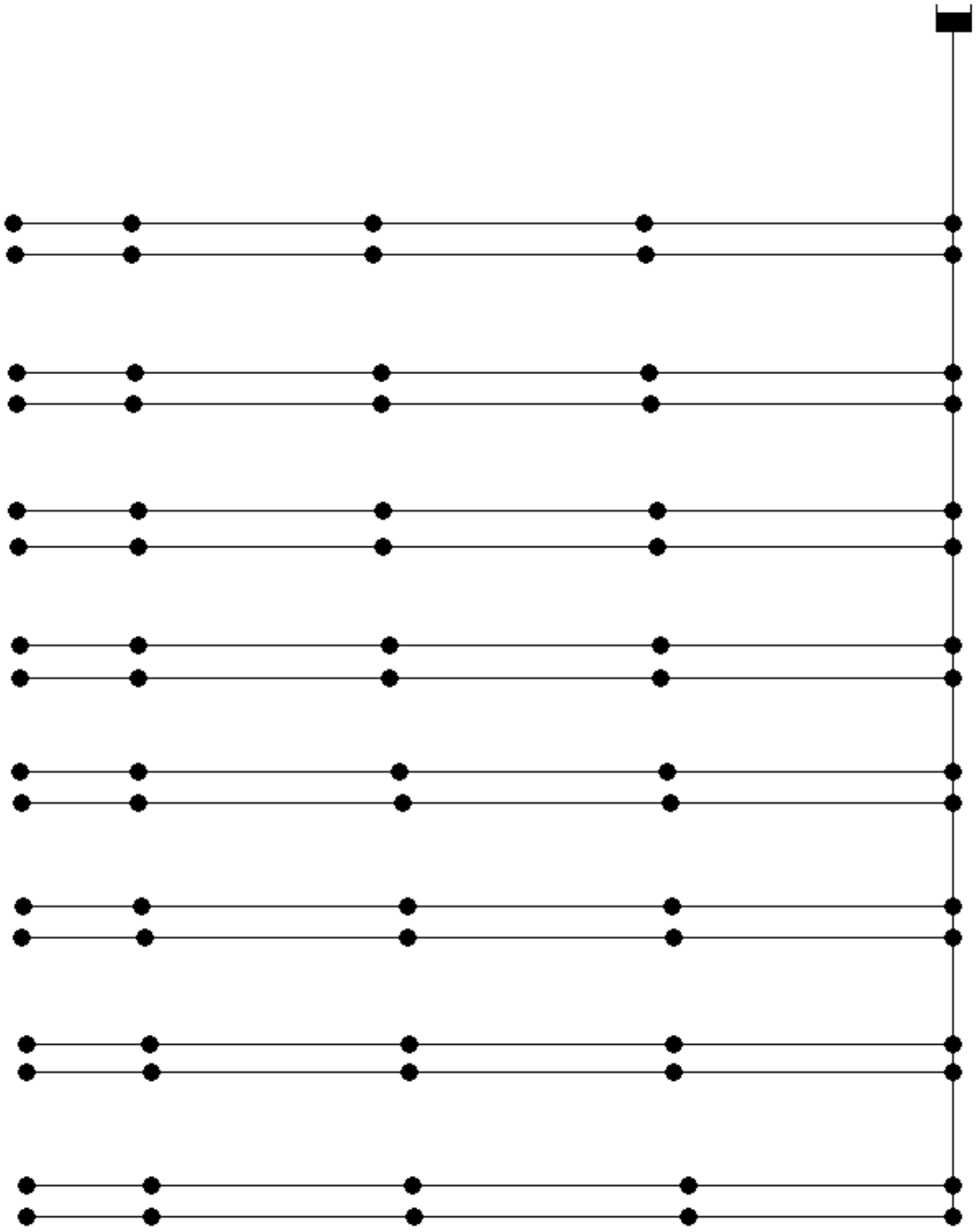


Ilustración 79: Esquema de la red hidráulica de suministro a las mesas realizado en EPANET.

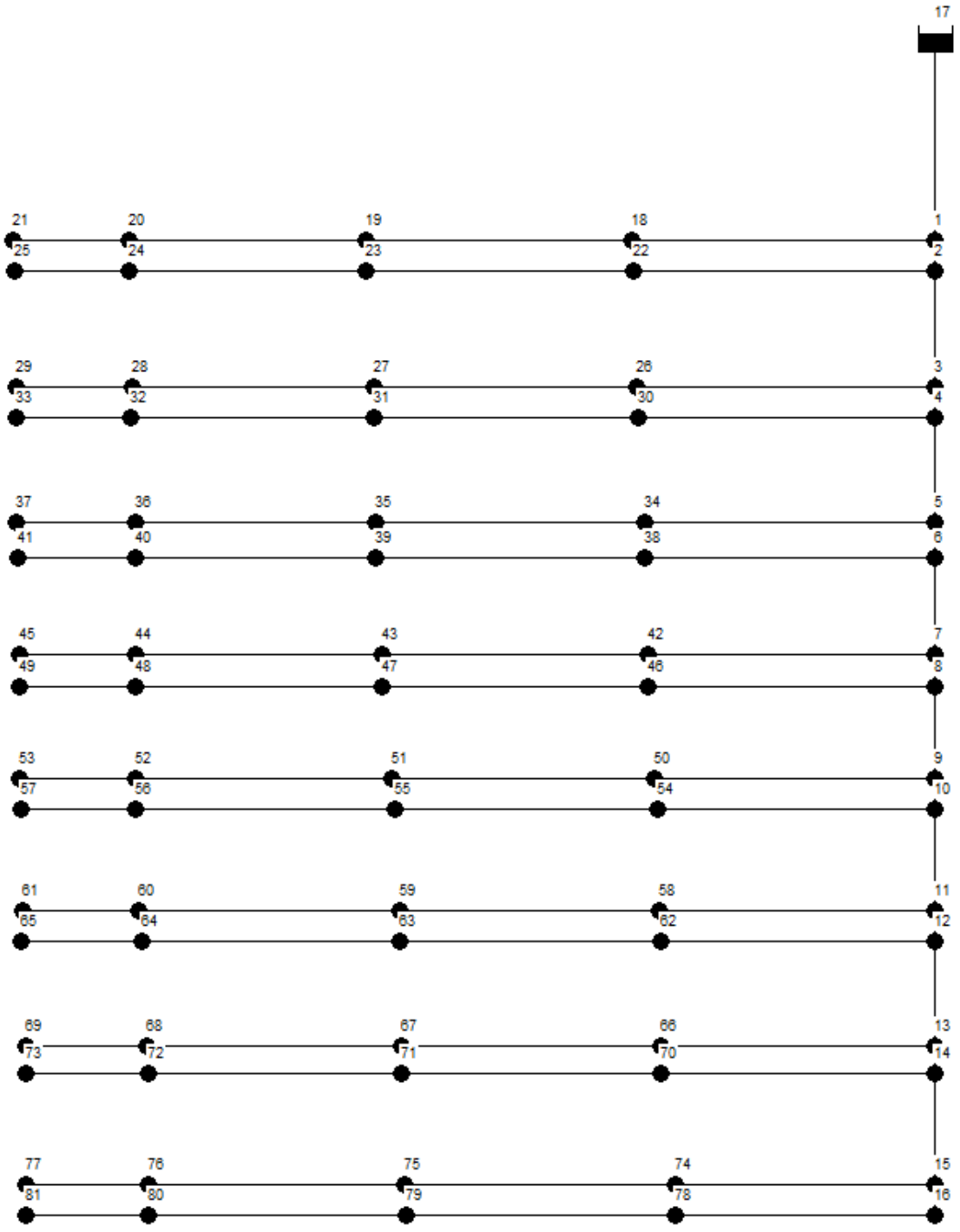


Ilustración 80: Esquema de la red hidráulica de suministro a las mesas realizado en EPANET en el que se muestran las etiquetas de identificación de los nudos.

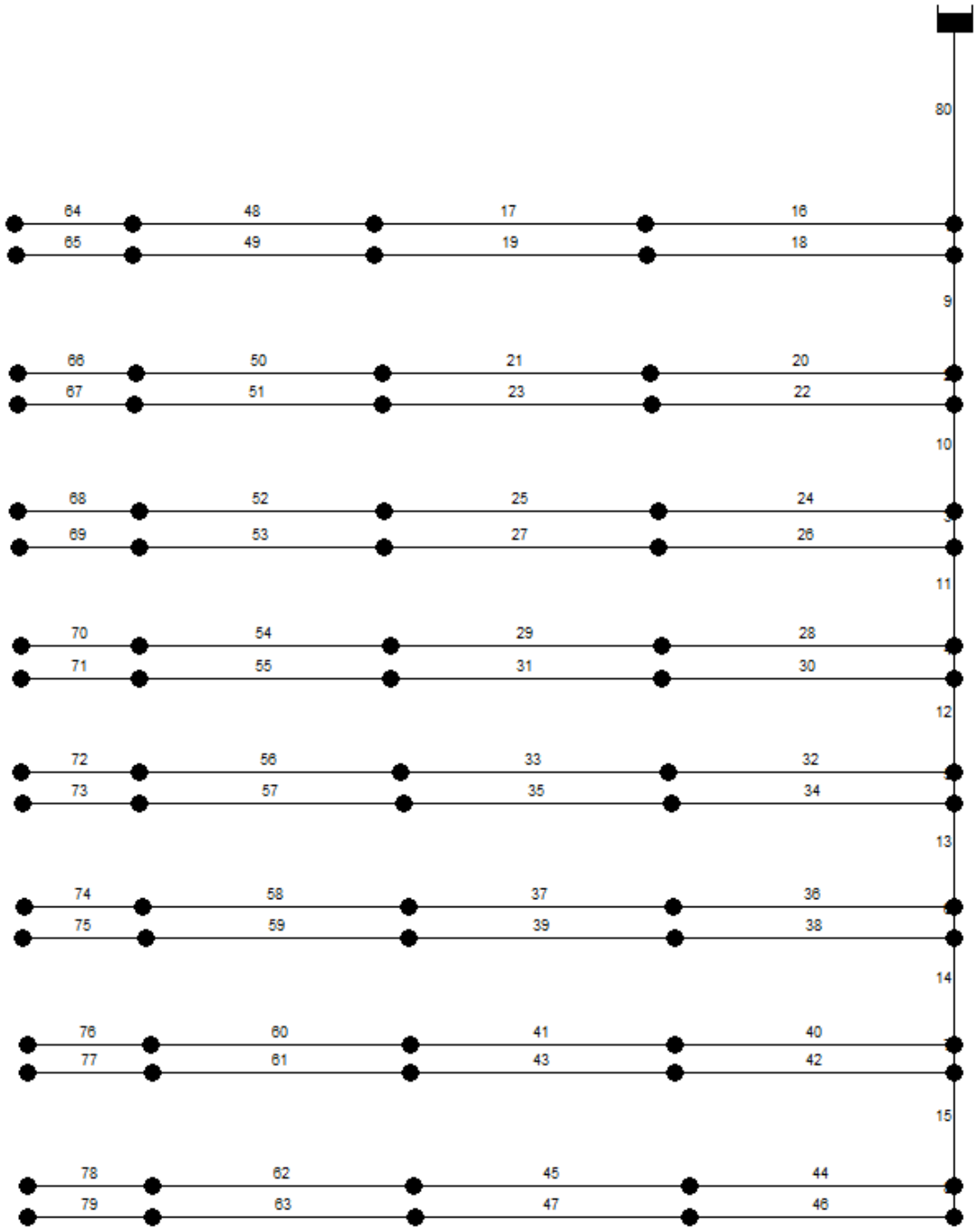


Ilustración 81: Esquema de la red hidráulica de suministro a las mesas realizado en EPANET en el que se muestran las etiquetas de identificación de las tuberías.

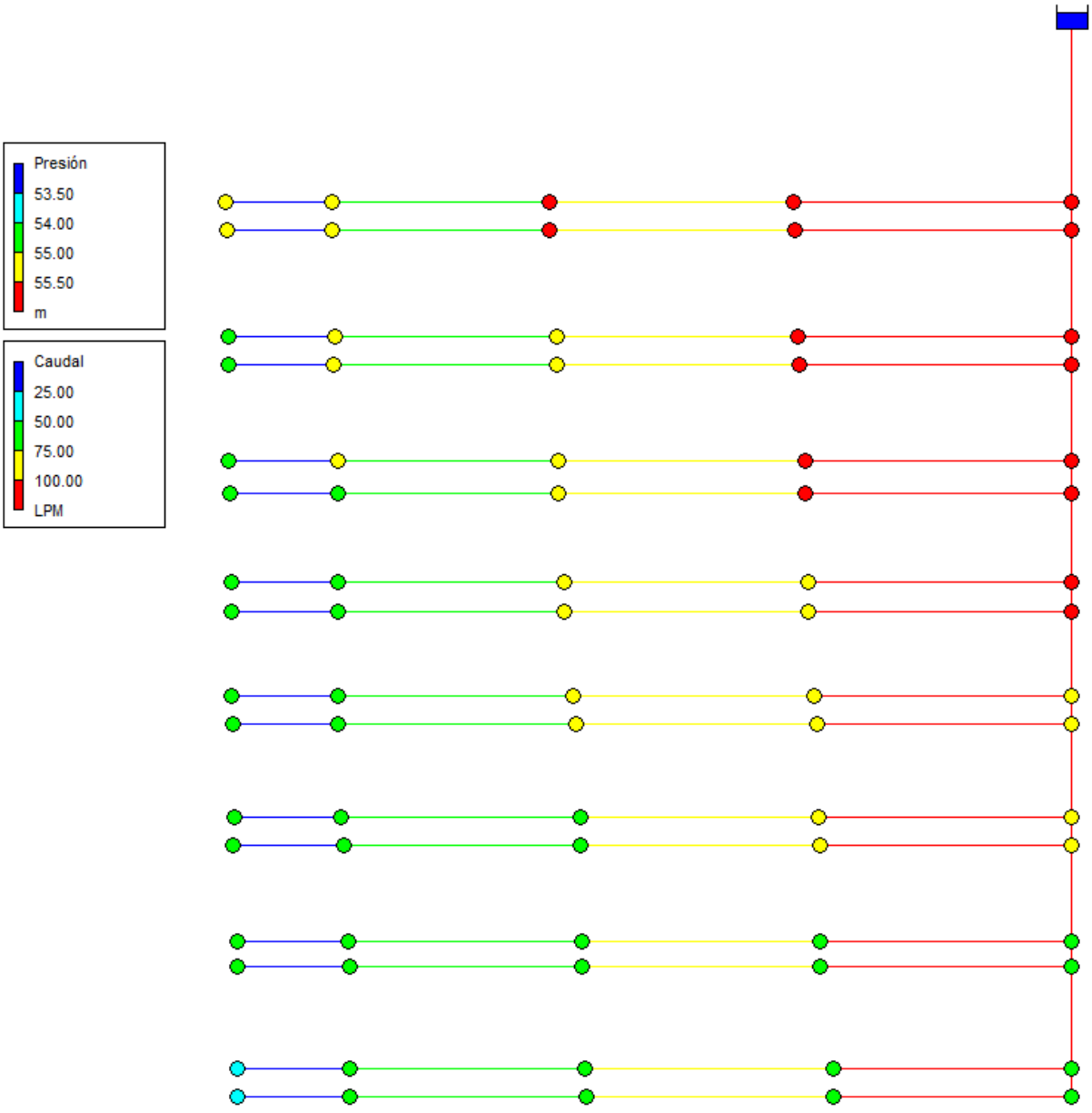


Ilustración 82: Resultado de la red hidráulica de suministro a las mesas obtenido de EPANET en el que se muestran los datos de presión y caudal.

ID Nudo	Demanda Base LPM	Demanda LPM	Presión m
Conexión 1	0	0.00	56.00
Conexión 2	0	0.00	55.98
Conexión 3	0	0.00	55.87
Conexión 4	0	0.00	55.85
Conexión 5	0	0.00	55.71
Conexión 6	0	0.00	55.69
Conexión 7	0	0.00	55.59
Conexión 8	0	0.00	55.56
Conexión 9	0	0.00	55.43
Conexión 10	0	0.00	55.42
Conexión 11	0	0.00	55.22
Conexión 12	0	0.00	55.19
Conexión 13	0	0.00	54.96
Conexión 14	0	0.00	54.93
Conexión 15	0	0.00	54.78
Conexión 16	0	0.00	54.78
Conexión 18	35.57	35.57	55.85
Conexión 19	35.57	35.57	55.60
Conexión 20	35.57	35.57	55.31
Conexión 21	17.78	17.78	55.11
Conexión 22	35.57	35.57	55.83
Conexión 23	35.57	35.57	55.58
Conexión 24	35.57	35.57	55.29
Conexión 25	17.78	17.78	55.09
Conexión 26	35.57	35.57	55.72
Conexión 27	35.57	35.57	55.47
Conexión 28	35.57	35.57	55.18
Conexión 29	17.78	17.78	54.98
Conexión 30	35.57	35.57	55.70
Conexión 31	35.57	35.57	55.45
Conexión 32	35.57	35.57	55.16
Conexión 33	17.78	17.78	54.96
Conexión 34	35.57	35.57	55.56
Conexión 35	35.57	35.57	55.31
Conexión 36	35.57	35.57	55.02
Conexión 37	17.78	17.78	54.82

Conexión 38	35.57	35.57	55.54
Conexión 39	35.57	35.57	55.29
Conexión 40	35.57	35.57	55.00
Conexión 41	17.78	17.78	54.80
Conexión 42	35.57	35.57	55.44
Conexión 43	35.57	35.57	55.19
Conexión 44	35.57	35.57	54.89
Conexión 45	17.78	17.78	54.69
Conexión 46	35.57	35.57	55.41
Conexión 47	35.57	35.57	55.16
Conexión 48	35.57	35.57	54.87
Conexión 49	17.78	17.78	54.67
Conexión 50	35.57	35.57	55.28
Conexión 51	35.57	35.57	55.03
Conexión 52	35.57	35.57	54.74
Conexión 53	17.78	17.78	54.54
Conexión 54	35.57	35.57	55.27
Conexión 55	35.57	35.57	55.02
Conexión 56	35.57	35.57	54.72
Conexión 57	17.78	17.78	54.52
Conexión 58	35.57	35.57	55.06
Conexión 59	35.57	35.57	54.81
Conexión 60	35.57	35.57	54.52
Conexión 61	17.78	17.78	54.32
Conexión 62	35.57	35.57	55.04
Conexión 63	35.57	35.57	54.79
Conexión 64	35.57	35.57	54.50
Conexión 65	17.78	17.78	54.30
Conexión 66	35.57	35.57	54.80
Conexión 67	35.57	35.57	54.56
Conexión 68	35.57	35.57	54.26
Conexión 69	17.78	17.78	54.06
Conexión 70	35.57	35.57	54.78
Conexión 71	35.57	35.57	54.53
Conexión 72	35.57	35.57	54.24

Conexión 73	17.78	17.78	54.04
Conexión 74	35.57	35.57	54.63
Conexión 75	35.57	35.57	54.38
Conexión 76	35.57	35.57	54.09
Conexión 77	17.78	17.78	53.89
Conexión 78	35.57	35.57	54.62
Conexión 79	35.57	35.57	54.38
Conexión 80	35.57	35.57	54.08
Conexión 81	17.78	17.78	53.88
Embalse 17	No Disponible	-1991.84	0.00

Tabla 20: Resultados en los nudos obtenidos de EPANET.

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPM	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería 1	0.7	140	1867.35	2.02	29.08
Tubería 2	0.7	140	1618.37	1.75	22.05
Tubería 3	0.7	125	1369.39	1.86	28.46
Tubería 4	0.7	110	1120.41	1.96	37.11
Tubería 5	0.7	110	871.43	1.53	22.83
Tubería 6	0.7	90	622.45	1.63	33.23
Tubería 7	0.7	75	373.47	1.41	31.52
Tubería 8	0.7	63	124.49	0.67	9.45
Tubería 9	4.3	140	1742.86	1.89	25.44
Tubería 10	4.3	125	1493.88	2.03	33.69
Tubería 11	4.3	125	1244.90	1.69	23.67
Tubería 12	4.3	110	995.92	1.75	29.54
Tubería 13	4.3	90	746.94	1.96	47.28
Tubería 14	4.3	75	497.96	1.88	54.89
Tubería 15	4.3	63	248.98	1.33	35.21
Tubería 16	5	50	124.49	1.06	30.36
Tubería 17	5	40	88.92	1.18	49.76
Tubería 18	5	50	124.49	1.06	30.36
Tubería 19	5	40	88.92	1.18	49.76
Tubería 20	5	50	124.49	1.06	30.36
Tubería 21	5	40	88.92	1.18	49.76
Tubería 22	5	50	124.49	1.06	30.36
Tubería 23	5	40	88.92	1.18	49.76
Tubería 24	5	50	124.49	1.06	30.36
Tubería 25	5	40	88.92	1.18	49.76
Tubería 26	5	50	124.49	1.06	30.36
Tubería 27	5	40	88.92	1.18	49.76
Tubería 28	5	50	124.49	1.06	30.36
Tubería 29	5	40	88.92	1.18	49.76
Tubería 30	5	50	124.49	1.06	30.36
Tubería 31	5	40	88.92	1.18	49.76
Tubería 32	5	50	124.49	1.06	30.36
Tubería 33	5	40	88.92	1.18	49.76
Tubería 34	5	50	124.49	1.06	30.36
Tubería 35	5	40	88.92	1.18	49.76
Tubería 36	5	50	124.49	1.06	30.36

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPM	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería 37	5	40	88.92	1.18	49.76
Tubería 38	5	50	124.49	1.06	30.36
Tubería 39	5	40	88.92	1.18	49.77
Tubería 40	5	50	124.49	1.06	30.36
Tubería 41	5	40	88.92	1.18	49.76
Tubería 42	5	50	124.49	1.06	30.36
Tubería 43	5	40	88.92	1.18	49.76
Tubería 44	5	50	124.49	1.06	30.36
Tubería 45	5	40	88.92	1.18	49.76
Tubería 46	5	50	124.49	1.06	30.36
Tubería 47	5	40	88.92	1.18	49.76
Tubería 48	5	32	53.35	1.11	58.63
Tubería 49	5	32	53.35	1.11	58.63
Tubería 50	5	32	53.35	1.11	58.63
Tubería 51	5	32	53.35	1.11	58.63
Tubería 52	5	32	53.35	1.11	58.63
Tubería 53	5	32	53.35	1.11	58.63
Tubería 54	5	32	53.35	1.11	58.63
Tubería 55	5	32	53.35	1.11	58.63
Tubería 56	5	32	53.35	1.11	58.63
Tubería 57	5	32	53.35	1.11	58.63
Tubería 58	5	32	53.35	1.11	58.63
Tubería 59	5	32	53.35	1.11	58.63
Tubería 60	5	32	53.35	1.11	58.63
Tubería 61	5	32	53.35	1.11	58.63
Tubería 62	5	32	53.35	1.11	58.63
Tubería 63	5	32	53.35	1.11	58.63
Tubería 64	2.5	20	17.78	0.94	80.01
Tubería 65	2.5	20	17.78	0.94	80.01
Tubería 66	2.5	20	17.78	0.94	80.01
Tubería 67	2.5	20	17.78	0.94	80.01
Tubería 68	2.5	20	17.78	0.94	80.01
Tubería 69	2.5	20	17.78	0.94	80.01
Tubería 70	2.5	20	17.78	0.94	80.01
Tubería 71	2.5	20	17.78	0.94	80.01
Tubería 72	2.5	20	17.78	0.94	80.01

Tubería 72	2.5	20	17.78	0.94	80.01
Tubería 73	2.5	20	17.78	0.94	80.01
Tubería 74	2.5	20	17.78	0.94	80.01
Tubería 75	2.5	20	17.78	0.94	80.01
Tubería 76	2.5	20	17.78	0.94	80.01
Tubería 77	2.5	20	17.78	0.94	80.01
Tubería 78	2.5	20	17.78	0.94	80.01
Tubería 79	2.5	20	17.78	0.94	80.01
Tubería 80	1	300	1991.84	0.47	0.71

Tabla 21: Resultados en las tuberías obtenidos de EPANET.

2.4.2. Instalación eléctrica

2.4.2.1. Toma general de corriente

La electricidad será suministrada por la compañía eléctrica y las características de esta serán de 400/230 V con una frecuencia de 50 Hz. Además, se instalará un grupo electrógeno auxiliar para que, en caso de corte del suministro eléctrico, el cultivo no sufra daños.

Ilustración 83: Grupo electrógeno. Fuente: Catálogo AYERBE.

Se trata del modelo AY-1500-30 DA TX, preparado para suministrar 30 kW de forma continua. Funciona con diésel y tiene un consumo de 4,4 l/h. Su depósito es de 180 litros en total.

2.4.2.2. Equipo de medida

Este será dispuesto por la compañía eléctrica contratada en la parte exterior del invernadero. Este equipo aportara seguridad y control a nuestro sistema.

La derivación de la construcción se realizará de forma individual mediante conductores de 0,6/1 kV, aislantes y protegidos contra incendios. Tendrán una sección de 120 mm^2 y unirán la salida del contador con el cuadro general de protección del invernadero. Su designación es RZ1-K.

2.4.2.3. Instalaciones interiores

El cuadro general de protecciones se situará lo más cerca posible a la entrada de corriente de la red. De este cuadro, se repartirán las líneas que suministrarán la electricidad a la maquinaria y el alumbrado interior del invernadero. Cada línea estará protegida por un magnetotérmico automático y un interruptor diferencial, gracias a lo cual quedarán protegidos contra cortocircuitos, sobretensiones o contactos. Además, se colocará un interruptor general automático, así como una protección contra sobretensiones a la entrada de la red eléctrica.

Todas las canalizaciones del invernadero para hacer llegar los conductores a la maquinaria y alumbrado se realizarán mediante el uso de bandejas de rejilla.

Para las conexiones se utilizarán cables protegidos contra incendios y reducida opacidad según la normativa UNE 21123, situados en el interior del cuadro general de protecciones.

Los circuitos de cableado deberán cumplir con un mínimo de aislamiento para 0,6/1 kV.

La instalación deberá estar subdividida en sectores para que, ante el mal funcionamiento de alguno, no se produzca el fallo de los demás.

2.4.2.4. Iluminación

La zona de cultivo quedará iluminada por la posteriormente descrita iluminación de emergencia, ya que no es necesaria para el trabajo en las horas de nocturnidad. Si esto se produjese, podría producir graves alteraciones en los ciclos vegetativos de las plantas, ya que estarían iluminadas en sus horas de descanso.

En la zona de almacén y la sala de bombas, se colocarán 4 luminarias en cada una de 18 W TCS 160 4x TL D-18W HF-L1.

2.4.2.5. *Iluminación de emergencia*

El sistema de alumbrado de emergencia será el encargado de señalizar en todo momento puertas y pasillos, obviando la zona de cultivo por los motivos anteriormente expuestos. La iluminación mínima será de 1 lux y de 5 lux sobre la señalización contra incendios y el cuadro general de protección.

Se colocarán:

- 5 luminarias de 500 lúmenes sobre puertas y cuadro general de protección C3 LED (2500 lúmenes).
- 8 luminarias de 70 lúmenes en los pasillos URA34 LED (560 lúmenes).
- 8 luminarias de 90 lúmenes en almacén y sala de bombas G5 LED (720 lúmenes).

Sumando todas las luminarias de emergencia, obtenemos un total de 3780 lúmenes para el espacio del invernadero, evitando así la sobreexposición lumínica en la zona de cultivo.

2.4.2.6. *Previsión de potencia requerida*

- Bombas centrífugas: 22440 W (7480 W/bomba)
- Luminarias: 144 W (8 x 18W)
- Computador de control: 500W

Total: **23084 W**

2.5. Anexo V. Plan de obra

Este anexo indica la planificación para la construcción del invernadero que debe seguir la empresa contratada para llevarla a cabo. Se recoge en orden cronológico un resumen de las actividades de esta obra constructiva y sus respectivos plazos.

La duración total de la construcción de este proyecto es de 120 días naturales.

2.5.1. Actividades

- Desbroce y nivelación del terreno
- Excavaciones y movimiento de tierras
- Cimentación
- Red de saneamiento
- Estructura del invernadero
- Cubierta
- Red hidráulica
- Red eléctrica
- Cerramientos
- Instalación de ventiladores y mallas de sombreo
- Instalación de mesas de cultivo
- Automatización

2.5.2. Duración de las actividades

- **Desbroce y nivelación del terreno** (3 días)

En esta actividad se debe limpiar el terreno de matorrales y, a continuación, nivelarlo atendiendo a las características de la obra.

- **Excavaciones y movimiento de tierras** (7 días)

Las excavaciones se realizarán de acuerdo con el diseño del invernadero y deben preparase para su posterior compactación, construcción de cimientos e instalación de red de saneamiento.

- **Cimentación** (15 días)

Se procederá al armado, hormigonado y encofrado de las zapatas de cimentación en las excavaciones preparadas para ello.

- **Red de saneamiento** (5 días)

Instalación de la red de recogida del agua sobrante en el proceso de cultivo o en caso de posibles fugas.

- **Estructura del invernadero** (30 días)

Se procederá al montaje de la estructura haciendo uso de perfiles de acero laminado. Se soldarán las uniones, excepto las de los pilares y las zapatas, que serán atornilladas.

- **Cubierta** (20 días)

Se procede en esta parte al montaje de la cubierta de policarbonato.

- **Red hidráulica** (10 días)

Instalación de depósitos, sistemas de filtrado y tuberías de suministro de agua en las mesas.

- **Red eléctrica** (10 días)

Tendido de cables y conexión de todos los equipos eléctricos del invernadero.

- **Cerramientos** (15 días)

Se procederá al montaje de los cerramientos laterales e interiores haciendo uso de paneles de policarbonato.

- **Instalación de ventiladores y mallas de sombreo** (5 días)

Se colocarán tanto las mallas de sombreo, como los ventiladores de recirculación en el interior del invernadero.

- **Instalación de mesas de cultivo** (15 días)

Se instalarán las mesas de cultivo previamente fabricadas en una fábrica externa, cuya instalación hidráulica también está preparada con anterioridad.

- **Automatización** (7 días)

Se instalarán los sensores de medición y se configurará el funcionamiento de los actuadores haciendo uso de un *software* preparado para ello.

2.5.3. Programación de actividades

Tarea	F. Inicio	F. Fin	Duración	Días									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Desbroce/Nivelación del terreno	01/07/2020	03/07/2020	3										
Excavaciones/Movimiento tierras	04/07/2020	10/07/2020	7										
Cimentación	11/07/2020	25/07/2020	15										
Red de saneamiento	21/07/2020	25/07/2020	5										
Estructura	26/07/2020	24/08/2020	30										
Cubierta	25/08/2020	13/09/2020	20										
Red hidráulica	14/09/2020	23/09/2020	10										
Red eléctrica	14/09/2020	23/09/2020	10										
Cerramientos	24/09/2020	08/10/2020	15										
Ventiladores/Mallas de sombreo	04/10/2020	08/10/2020	5										
Mesas de cultivo	09/10/2020	23/10/2020	15										
Automatización	17/10/2020	23/10/2020	7										
Retoques y ajustes	24/10/2020	28/10/2020	5										
Seguridad y salud	01/07/2020	28/10/2020	120										

Tarea	Días															
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Desbroce/Nivelación del terreno																	
Excavaciones/Movimiento tierras																	
Cimentación																	
Red de saneamiento																	
Estructura																	
Cubierta																	
Red hidráulica																	
Red eléctrica																	
Cerramientos																	
Ventiladores/Mallas de sombreo																	
Mesas de cultivo																	
Automatización																	
Retoques y ajustes																	
Seguridad y salud																	

Tarea	Días																
	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
Desbroce/Nivelación del terreno																	
Excavaciones/Movimiento tierras																	
Cimentación																	
Red de saneamiento																	
Estructura																	
Cubierta																	
Red hidráulica																	
Red eléctrica																	
Cerramientos																	
Ventiladores/Mallas de sombreo																	
Mesas de cultivo																	
Automatización																	
Retoques y ajustes																	
Seguridad y salud																	

Tarea	Días																
	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
Desbroce/Nivelación del terreno																	
Excavaciones/Movimiento tierras																	
Cimentación																	
Red de saneamiento																	
Estructura																	
Cubierta																	
Red hidráulica																	
Red eléctrica																	
Cerramientos																	
Ventiladores/Mallas de sombreo																	
Mesas de cultivo																	
Automatización																	
Retoques y ajustes																	
Seguridad y salud																	

Tarea	Días																
	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
Desbroce/Nivelación del terreno																	
Excavaciones/Movimiento tierras																	
Cimentación																	
Red de saneamiento																	
Estructura																	
Cubierta																	
Red hidráulica																	
Red eléctrica																	
Cerramientos																	
Ventiladores/Mallas de sombreo																	
Mesas de cultivo																	
Automatización																	
Retoques y ajustes																	
Seguridad y salud																	

Tarea	Días																
	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
Desbroce/Nivelación del terreno																	
Excavaciones/Movimiento tierras																	
Cimentación																	
Red de saneamiento																	
Estructura																	
Cubierta																	
Red hidráulica																	
Red eléctrica																	
Cerramientos																	
Ventiladores/Mallas de sombreo																	
Mesas de cultivo																	
Automatización																	
Retoques y ajustes																	
Seguridad y salud																	

Tarea	Días												
	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
Desbroce/Nivelación del terreno													
Excavaciones/Movimiento tierras													
Cimentación													
Red de saneamiento													
Estructura													
Cubierta													
Red hidráulica													
Red eléctrica													
Cerramientos													
Ventiladores/Mallas de sombreo													
Mesas de cultivo													
Automatización													
Retoques y ajustes													
Seguridad y salud													

Tarea	Días											
	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Desbroce/Nivelación del terreno												
Excavaciones/Movimiento tierras												
Cimentación												
Red de saneamiento												
Estructura												
Cubierta												
Red hidráulica												
Red eléctrica												
Cerramientos												
Ventiladores/Mallas de sombreo												
Mesas de cultivo												
Automatización												
Retoques y ajustes												
Seguridad y salud												

Tabla 22: Tareas y plazos de ejecución de las obras.

2.6. Anexo VII. Evaluación de Impacto Ambiental

2.6.1. Objetivo

En esta evaluación de impacto ambiental se pretende determinar las alteraciones que sufrirán el medio ambiente y las personas con la realización de este proyecto. Se estudiará las posibles consecuencias durante la construcción y explotación de la obra.

Su principal finalidad es la declarar las dudas que puedan aparecer con relación al medio ambiente en las administraciones competentes, disminuyendo así los posibles efectos adversos o eliminándolos mediante la aplicación de las correspondientes medidas correctoras.

2.6.2. Normativa aplicable

Esta Evaluación de Impacto Ambiental está sujeta a la siguiente normativa:

- Envases y residuos de envases: Real Decreto 782/1998, de 30 de Abril.
- Evaluación de Impacto Ambiental: Real Decreto 1131/1988, de 30 de Septiembre.
- Protección ambiental:
  - Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de Enero.
  - Ley 7/1994 (Andalucía), de 18 de Mayo.
- Evaluación y gestión del aire: Real Decreto 1073/2002 de 18 de Octubre.
- Gestión de residuos: Ley 10/1998, de 21 de Abril.
- Gestión integrada de la calidad ambiental: Ley 7/2007, de 9 de Julio.
- Reglamento de residuos: Decreto 283/1995 (Andalucía), de 21 de Noviembre.
- Reglamento de calidad del aire de la C. A. de Andalucía: Decreto 74/1996, de 20 de Febrero.
- Evaluación y valoración de ruidos ambientales y vibraciones: Decreto 74/1996, de 20 de Febrero (Orden de 23 de febrero de 1996).
- Reglamento de informe ambiental: Decreto 74/1996, de 20 de Febrero.

2.6.3. Variables físicas

2.6.3.1. Localización geográfica

El invernadero desarrollado en este proyecto se situará en el municipio de El Ejido (Almería), en una zona dedicada al cultivo intensivo bajo plástico.

2.6.3.2. Climatología

Para este apartado se debe acudir al Anexo I (Estudio agroclimático) en el cual se detallan los parámetros de la zona.

2.6.3.3. Hidrografía

Esta zona se sitúa en la cuenca hidrográfica del sur, la cual discurre de forma paralela al mar Mediterráneo.

El río más importante que discurre allí es el Adra. La mayoría de los cursos acaban perdiéndose antes de su desembocadura en el Mediterráneo debido a las infiltraciones del terreno. Se puede excluir el caso de la rambla del Loco.

Debido a la permeabilidad del terreno, la mayoría de la escorrentía se produce de forma subterránea, por lo que la superficial se queda en un segundo plano.

2.6.3.4. Relieve

El Ejido se encuentra a una altitud sobre el nivel del mar de 80 metros.

2.6.3.5. Flora y fauna

En ambos casos es prácticamente insignificante debido a la alta presencia de invernaderos en la zona.

2.6.3.6. Paisaje

En el paisaje tan solo destaca la gran cantidad de invernaderos existentes en la zona, extendiéndose estos hasta las zonas interurbanas y creando, por tanto, una continuidad en él.

2.6.4. Identificación y valoración de impactos ambientales

2.6.4.1. Metodología

2.6.4.1.1. Identificación

Se valoran los impactos posibles durante la fase de construcción, funcionamiento y funcionamiento anómalo de este invernadero para cultivo aeropónico.

2.6.4.1.2. Valoración

Situándose de mayor a menor grado de intensidad, tenemos los siguientes niveles:

- Crítico
- Severo
- Moderado
- Compatible

2.6.4.1.3. Magnitud de los impactos

Se valora la incidencia presente en los parámetros y factores afectados por este proyecto, nombrada de mayor a menor grado de afectación:

- Muy alta
- Alta
- Media
- Baja

2.6.4.1.4. Importancia

Se valora la trascendencia de los impactos, independientemente de su naturaleza, pudiendo ser estos positivos o negativos. Para esta valoración se tendrán en cuenta los siguientes parámetros:

- **Extensión**: consiste en el área de influencia del proyecto en su localización.

Grado	Definición
Puntual	Efecto localizado
Parcial	Efecto con incidencia en parte del entorno del Proyecto
Extenso	Efecto con incidencia en la mayor parte del entorno
Total	Efecto con influencia generalizada en el entorno

- **Persistencia**: determina el grado de persistencia de los impactos en el medio a lo largo del tiempo basándose en la actuación del medio ambiente sobre este y la toma de medidas correctoras.

Grado	Definición
Fugaz	El efecto desaparece en cuestión de días
Temporal (corto o largo plazo)	Corto plazo: Persiste unos meses; Largo plazo: persiste
Permanente	Persistencia superior a diez años

- **Momento**: tiempo transcurrido entre la acción del proyecto (t_0) y los efectos producidos por este (t_i).

Grado	Definición
Inmediato	t_i-t_0 aproximadamente igual a cero
Corto plazo	t_i-t_0 es inferior a un año
Medio plazo	t_i-t_0 está comprendido entre 1 y 5 años
Largo plazo	t_i-t_0 es superior a cinco años

- **Acumulación**: progresividad en el incremento en la periodicidad en la que se manifiesta un impacto.

Grado	Definición
Efecto no acumulativo	La acción no produce efectos acumulativos
Efecto acumulativo	La acción produce efectos acumulativos con otras acciones

- **Reversibilidad**: capacidad de un impacto para retornar sus efectos hasta el punto de desaparecer cuando dejan de producirse acciones sobre el medio.

Grado	Definición
A corto plazo	Reversible en cuestión de días o semanas
A medio plazo	Reversible en cuestión de meses
A largo plazo	Reversible a largo plazo (en años, < 10)
Irreversible	Irreversible o reversible después de transcurridos diez años

- **Periodicidad**: regularidad con la que se manifiesta un efecto.

Escala de valoración de la periodicidad de los impactos	
Grado	**Definición**
Discontinuo	El efecto se manifiesta de forma discontinua en el tiempo
Periódico	El efecto se manifiesta de forma cíclica o recurrente en el tiempo
Irregular	El efecto se manifiesta de forma impredecible en el tiempo (ofrecerá mayor o menor gravedad en función del periodo de recurrencia).

- **Efecto**: actuación de un efecto sobre un parámetro ambiental a causa de una acción.

Escala de valoración del efecto del impacto	
Grado	**Definición**
Indirecto o secundario	La manifestación del efecto no es consecuencia directa de la acción
Directo o primario	La repercusión de la acción es consecuencia directa de ésta

Considerando conjuntamente todos estos factores se determinará un nivel de importancia del impacto de la siguiente forma, ordenados de mayor a menor:

- Muy alta
- Alta
- Media
- Baja

2.6.5. Gravedad

Esta estimación se realizará en base a la intensidad de las medidas correctoras que se deben adoptar para un impacto. Se realizará de forma conjunta a la determinación de la magnitud e importancia de un impacto, pero siendo indistintamente independientes.

Su expresión será de forma cualitativa en los siguientes términos:

- Críticos
- Severos
- Moderados
- Compatibles

2.6.6. Capacidad de recuperación (recuperabilidad)

Consiste en la posibilidad de hacer retroceder los factores ambientales afectados por el proyecto mediante la actuación humana.

Escala de valoración de la recuperabilidad del impacto	
Grado	**Definición**
Inmediatamente recuperable	Efecto totalmente recuperable de forma inmediata
Recuperable a medio plazo	Efecto totalmente recuperable a medio plazo
Mitigable	Efecto parcialmente recuperable o irrecuperable pero con posibilidad de introducir medidas compensatorias
Irrecuperable	Alteración imposible de reparar tanto por la acción natural como por la humana

2.6.7. Identificación de impactos en la fase de obras

2.6.7.1. Suelo

En la construcción del invernadero, se procederá a un movimiento de tierras importante para la nivelación y la posterior construcción de los cimientos.

Impacto: negativo.

2.6.7.2. Calidad de las aguas

En la fase de construcción, el mayor riesgo presente será el de vertidos de carburantes y aceites por parte de la maquinaria. Si se sigue el pliego de condiciones y las medidas de seguridad y salud, esto se convierte en un caso improbable, ya que la zona de construcción además se encuentra lejos de fuentes pluviales.

Impacto: no significativo.

2.6.7.3. Atmósfera

Para la construcción se hará uso de maquinaria y camiones para el transporte de materiales y residuos. Estos producirán emisiones nocivas al aire, pero, debido al corto plazo de construcción, se consideran de incidencia mínima.

El polvo generado en este proceso puede repercutir en los cultivos adyacentes.

Impacto: negativo.

2.6.7.4. Vegetación

La vegetación presente en la zona de construcción es prácticamente inexistente, por lo que no tiene relevancia. Sin embargo, alrededor se cultivan muchas especies vegetales para consumo humano, por lo que será un parámetro importante.

Impacto: negativo.

2.6.7.5. Fauna

Al igual que la vegetación, no existe una fauna endémica de la zona y, por tanto, relevante. Las únicas especies presentes están perfectamente adaptadas al ambiente urbano y no se verán afectadas por la construcción de forma significativa.

Impacto: no significativo.

2.6.7.6. Paisaje

La zona se encuentra aislada del núcleo urbano de El Ejido, por lo que la afectación del paisaje de esta localización carece de importancia.

Impacto: no significativo.

2.6.7.7. Socioeconómico

Con la construcción de este invernadero se dará trabajo a parte de la población activa del municipio, favoreciendo así tanto las arcas públicas, como las empresas que suministren los materiales. El sector se verá beneficiado por este moderado incremento de la demanda.

Impacto: positivo.

2.6.8. Identificación de impactos en la fase de explotación

2.6.8.1. Atmósfera

El cultivo aeropónico no genera gases perjudiciales para el medio ambiente.

Impacto: no significativo.

2.6.8.2. Suelo

Ocupar esta zona para la producción de vegetales no se considera de importancia.

Impacto: no significativo.

2.6.8.3. Vegetación

Ante la inexistencia de árboles o especies vegetales de importancia en la parcela, este factor carece de importancia.

Impacto: no significativo.

2.6.8.4. Fauna

Al ser un invernadero construido con policarbonato, no presenta una transparencia suficiente como para representar un peligro para las aves de la zona. El resto de fauna es escasa en la zona y está acostumbrada a la presencia de invernaderos.

Impacto: no significativo.

2.6.8.5. Paisaje

La explotación se sitúa en una localización dedicada al cultivo en invernaderos de film plástico, cuya presencia estética no es agradable. Sin embargo, un invernadero con un estilo más convencional, amplio y estético mejora la presencia respecto al resto.

Impacto: positivo.

2.6.8.6. Socioeconómico

La aparición de un nuevo sistema de cultivo que aprovecha de forma más eficiente los recursos hídricos y, a la vez, cultiva productos de mayor valor supone una mejora para la población de El Ejido. Además, reduce la generación de residuos plásticos frente al resto de invernaderos.

La producción también generará una mayor demanda y beneficios para la industria auxiliar existente.

Impacto: positivo.

2.6.9. Prevención y corrección de impactos

2.6.9.1. Buenas prácticas en la construcción

En la fase de construcción del invernadero, se deben cumplir una serie de normas para evitar en mayor medida la degradación del medio ambiente. En líneas generales, se trata de seguir las siguientes normas:

- Mantenimiento rutinario y preventivo de maquinaria para evitar vertidos de combustibles o aceites.
- Uso de aseos portátiles para los trabajadores de la obra, los cuales serán vaciados por un gestor periódicamente.
- El aceite y el combustible se almacenarán fuera de la obra para evitar accidentes y vertidos de los mismos al suelo.
- Se evitará la creación de accesos, haciendo uso de los existentes.
- No ocupar las vías de acceso público en horas de mayor tráfico.
- El mantenimiento y la limpieza de maquinaria se realizará en talleres externos o cualquier otro lugar adecuado para ello.
- Se adecuará la construcción para la implantación de un programa de gestión de residuos de construcción y demolición con el fin de ser reutilizados o reciclados.
- En operaciones de carga y descarga de materiales, se realizará un ligero riego superficial para evitar la generación de polvo. Esto será así siempre y cuando no se generen lixiviados contaminantes en el proceso.
- Se evitará la generación de un ruido excesivo por parte de la maquinaria debido al uso de piezas en mal estado.
- Al final de la obra, se realizará una limpieza exhaustiva de los restos procedentes de la esta.
- Se valorará positivamente la contratación de empresas de suministro que incorporen planes de buena gestión ambiental, incorporando sus debidas certificaciones ambientales para ello.

2.6.9.2. Corrección de impacto atmosférico

El principal parámetro que se debe regular es la emisión de polvo y partículas sólidas a la atmósfera. El momento en el que mayores emisiones se producirán será el de movimiento de tierras.

Para evitar —dentro de las posibilidades— estos efectos, se empleará maquinaria en buen estado y se reducirá la velocidad de vertido de tierra y la de circulación.

2.6.9.3. Corrección del impacto sobre la vegetación

La contaminación lumínica en horas de descanso de las plantas puede producir alteraciones en su metabolismo, por lo que se evitará trabajar durante estos espacios de

tiempo y utilizar iluminación excesiva durante la noche. También se evitará el vertido de materiales que puedan ser arrastrados por el viento en días en los que la acción de este sea excesiva.

2.6.9.4. Impacto sobre el suelo

Se evitará el vertido de cualquier material que por su naturaleza permanezca en el suelo y lo afecte de forma negativa (aceites, gasoil, pinturas…).

En caso del vertido accidental de alguno de estos compuestos se procederá a la excavación de toda la tierra afectada y su sustitución por tierras inertes de capas más profundas.

2.6.10. Conclusión

Debido a la naturaleza de este proyecto, a sus dimensiones y los pocos efectos adversos presentes en él, se determina como innecesaria la creación de un estudio de impacto ambiental.

Impacto	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Acumulación	Efecto	Periodicidad
Suelo	Parcial	Largo plazo	Permanente	Irreversible	No acumulativo	Directo	Continuo
Atmósfera	Puntual	Inmediato	Temporal	Medio plazo	No acumulativo	Directo	Discontinuo
Vegetación	Parcial	Inmediato	Temporal	Corto plazo	No acumulativo	Directo	Discontinuo
Fauna	Puntual	Inmediato	Temporal	Corto plazo	No acumulativo	Directo	Irregular
Paisaje	Puntual	Inmediato	Permanente	Corto plazo	No acumulativo	Directo	Continuo
Socioeconómico	Puntual	Medio plazo	Permanente	Irreversible	Acumulativo	Directo	Continuo

Tabla 22: Cuadro de Evaluación de Impacto Ambiental.

2.7. Anexo VIII. Seguridad y salud

Este estudio básico de seguridad y salud es adjunto a este proyecto de construcción de un invernadero, cumpliendo así con el RD 1.627/1997, el correspondiente Estudio Básico de Seguridad y Salud, conforme al art1. 4.2, del citado RD.

Según este Real Decreto:

El promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes:

a) Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas.
b) Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
c) Que el volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal, la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
d) Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

2.7.1. Memoria

2.7.1.1. Introducción y Objeto del estudio básico de seguridad y salud

De acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, este Estudio Básico de Seguridad y Salud tiene por objetivo desarrollar una serie de directrices básicas a fin de evitar accidentes, riesgos o enfermedades derivados de la actividad profesional durante el proceso de construcción de un invernadero para cultivo aeropónico.

No obstante, este plan es susceptible de recibir modificaciones en el transcurso de la obra, adaptándose a nuevas necesidades o circunstancias, pero siempre bajo la aprobación explícita de las autoridades pertinentes.

2.7.2. Autor del estudio básico de seguridad y salud

Este documento ha sido redactado por el estudiante del grado de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Superior de Linares Pablo Jiménez López.

2.7.3. Identificación de la obra

2.7.3.1. Propietario

El hipotético cliente encarga este proyecto al estudiante Pablo Jiménez López.

2.7.3.2. Tipo y denominación

La obra consiste en la construcción de un invernadero en la población de El Ejido para la instalación de un sistema de cultivo aeropónico.

2.7.4. Riesgos laborales

2.7.4.1. Riesgos ajenos a la ejecución de la obra

A fin de proteger tanto al personal como a la maquinaria, se dispondrá una valla a lo largo del perímetro de la obra, y se vigilará muy atentamente la posible intrusión de personal ajeno a la misma y desconocedor —por consiguiente— de los peligros inherentes a ella. En todo momento se adoptarán las medidas necesarias para evitar daños a terceros.

2.7.4.2. Riesgos en el proceso constructivo

2.7.4.2.1. Riesgos en la fase de ejecución de la obra

2.7.4.2.1.1. Movimiento de tierras

a) Descripción de los trabajos

Se utiliza el sistema convencional, mediante el auxilio de maquinaria, por lo que, para la realización de los pozos de las zapatas, se emplearán palas cargadoras y retroexcavadoras y, para el transporte, camiones. Solo se realizarán a mano los retoques necesarios bajo el fondo de la excavación general y, para el traslado de las tierras procedentes de la excavación, se emplearán vehículos sobre ruedas de diferentes cubicajes. La entrada y salida de maquinaria se realizará mediante un acceso que se habrá ejecutado junto con la excavación en la zona más favorable y próxima a las calles laterales de acceso.

b) Riesgos que pueden ser evitados

- Atropellos y colisiones a causa de la maquinaria, especialmente en la marcha atrás y en los giros.
- Fallo de frenos y direcciones (camiones).
- Circular con el volquete levantado (camiones).
- Caídas del material de excavación desde la cuchara.

- Caída de la cuchara en reparaciones.
- Generación de polvo.
- Explosiones e incendios.

a. Normas básicas de seguridad

El solar estará rodeado por unas vallas de una altura mínima de 2 m y se situarán a una distancia mínima de 1,5 m. Cuando dificulten el paso, se dispondrán, en las esquinas y distanciadas a menos de 10 m, unas luces rojas a lo largo de todo el cerramiento. Cuando exista separación suficiente entre el cerramiento del solar y el borde del vaciado, se adoptará la adaptación de vallas móviles o banderolas hasta una distancia no menor de dos veces la altura del vaciado en ese borde, a no ser que resulte innecesario porque la estructura de contención se ha realizado previamente.

A fin de proporcionar en cada caso el equipo indispensable al operario, la obra dispondrá en todo momento de una provisión de barras, bridas, cuñas, palancas, picos, puntales, tablones, cables con terminales, como gafas o ganchos, y lonas o plásticos. De igual forma, dispondrá de cascos, equipo impermeable, botas de suela dura y otros medios que puedan servir para eventualidades o socorrer a los operarios que puedan sufrir un accidente.

- Una persona distinta al conductor se encargará de dirigir las maniobras de la maquinaria.
- La maquinaria mantendrá la distancia de seguridad a las líneas de conducción eléctrica.
- Una persona distinta al conductor se encargará de avisar la salida de camiones a la calle a fin de prevenir a los usuarios de la vía pública.
- Antes de salir a la vía pública, los vehículos de carga contarán con un tramo horizontal de terreno, cuya longitud no deberá ser menor a una vez y media la separación entre ejes (ni menor de 6 m, en cualquier caso).
- Se acotará la zona de acción de cada máquina en su tajo.
- Se evitará la generación de polvo. No obstante, el operario se protegerá en todo momento de los ambientes pulvígenos y las emanaciones de gases.
- Se garantizará el correcto mantenimiento de la maquinaria.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales
  - Empleo de casco homologado.
  - Empleo de gafas antipolvo (cuando sea necesario).
  - Empleo de orejeras antirruido.
  - Empleo de mono de trabajo y, en su caso, trajes de agua y botas.
  - Empleo del cinturón de seguridad por parte del conductor de la maquinaria si cuenta con una cabina antivuelco.
- Protecciones colectivas
  - Se cerrarán herméticamente todos los recipientes que contengan productos inflamables o tóxicos.
  - No se apilarán materiales en zonas de tránsito, sino que se retirarán aquellos objetos que impidan el paso.

c) Riesgos que no pueden ser evitados

- Caídas en altura.
- Proyección de piedras y terrones durante la marcha del camión basculante.
- Vuelcos y deslizamientos de las máquinas.

a. Normas básicas de seguridad

- Las rampas destinadas al tránsito de camiones y máquinas conservarán el talud natural que requiera el terreno y su ángulo de inclinación nunca será mayor al que se establece en la documentación.
- El ancho mínimo de la rampa será de 4,5 m, se ensanchará en las curvas y sus pendientes no serán mayores del 12 y el 8 % respectivamente, dependiendo de si los tramos son rectos o curvos. En cualquier caso, se tendrá en cuenta la maniobrabilidad de los vehículos empleados.
- Se dispondrá de topes de seguridad cuando sea imprescindible que un vehículo de carga se acerque al borde durante y después del vaciado, previa comprobación de la resistencia del terreno al peso de este.
- La máquina será del tipo retroexcavadora cuando esté situada por encima de la zona a excavar o en bordes de vaciado, siempre que el terreno lo permita, o se hará el refino a mano.

- Se verificarán los controles y los niveles de vehículos y máquinas antes de iniciar los trabajos, así como el bloqueo de seguridad antes de abandonarlos.
- No se realizará la excavación del terreno a tumbo, socavando el pie de un macizo para producir su vuelco.
- El operario se protegerá con un cinturón de seguridad anclado a un punto fijo o se dispondrán andamios o barandillas provisionales en aquellas zonas o pasos con riesgo de caída mayor de 2 m.
- Se iluminará suficientemente el conjunto del vaciado mientras se realicen los trabajos.
- No se trabajará simultáneamente en la parte inferior de otro trabajo.
- En caso de emergencia, los itinerarios de evacuación de los operarios deberán estar expeditos en todo momento.
- Se controlarán cuidadosamente las paredes de la excavación tras grandes lluvias, heladas y desprendimientos o cuando, por cualquier circunstancia, se interrumpa el trabajo más de un día.
- Se señalizarán correctamente los pozos de cimentación a fin de evitar caídas del personal a su interior.
- El personal cumplirá la prohibición de presencia en la proximidad de las máquinas durante su trabajo.
- Cuando se realicen trabajos en zanja, la distancia mínima entre los trabajadores será de 1 m.
- Se prohibirá la estancia del personal que trabaje en planos inclinados con fuerte pendiente o debajo de macizos horizontales.
- Cuando se realice el vaciado de la rampa, la retroexcavadora actuará con las zapatas de anclaje, las cuales se apoyarán en el terreno.
- Se dispondrá correctamente la carga de tierra en el camión y no se cargará más de lo admitido.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales

Serán las mismas que se han detallado en el apartado de riesgos que pueden ser evitados.

- Protecciones colectivas
  - La señalización y la ordenación del tráfico de máquinas se realizará de forma visible y sencilla.
  - Formación y conservación de un retallo, en borde de rampa para tope de vehículos.
  - Se protegerá el perímetro de la excavación con cuerdas provistas de tiras reflectantes colocadas a una distancia aproximada de 2 m.

d) Riesgos especiales

No existen este tipo de riesgos.

2.7.4.2.1.2. Cimentación

a) Descripción de los trabajos

Una vez que la excavación de pozos y zanjas haya concluido, se procederá a colocar las parrillas y las esperas en los pozos, así como las armaduras de zunchos. A continuación, se procederá al hormigonado.

b) Riesgos que pueden ser evitados

- Caídas a pozos o a zanjas.
- Heridas punzantes a causa de las armaduras.

a. Normas básicas de seguridad

- El trabajo será realizado por personal cualificado.
- Se delimitarán de forma clara las áreas para acopio.
- Se terminarán por completo las armaduras antes de colocarlas, gracias a lo cual se elimina el acceso del personal al fondo de las zanjas y/o los pozos.
- Se mantendrá el mejor estado de limpieza posible.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales
  - Empleo de monos adecuados para el trabajo.
  - Empleo de casco protector homologado con barbuquejo.
  - Empleo de guantes de cuero cuando se manejen juntas de hormigonado, ferralla, etc.
  - Empleo de guantes de PVC cuando se trabaje con hormigón.

  - Empleo de polainas cuando se maneje hormigón.
  - Empleo de impermeables en los días de lluvia.
  - Empleo de mandil de cuero para el ferrallista.
  - Empleo de botas de seguridad con plantillas antideslizantes y anticlavos.
  - Empleo de botas de goma.
- **Protecciones colectivas**
  - Se delimitará la zona de trabajo a la perfección.
  - Se protegerá la zanja mediante una barandilla resistente con rodapié.

c) Riesgos que no pueden ser evitados

- Caídas al mismo nivel a consecuencia del estado del terreno, que será resbaladizo debido a los lodos.
- Desprendimiento de tierras y de piedras sueltas.
- Vertido de hormigón.

a. Normas básicas de seguridad

- Se limpiarán los bordes.
- No se cargarán los bordes en una distancia aproximada a los 2 m.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales

Serán las mismas que se han detallado en el apartado de riesgos que pueden ser evitados.

- Protecciones colectivas

Serán las mismas que se han detallado en el apartado de riesgos que pueden ser evitados.

d) Riesgos especiales

No existen este tipo de riesgos.

2.7.4.2.1.3. Estructura

a) Descripción de los trabajos

Construcción de la estructura.

b) Riesgos que pueden ser evitados

- Electrocución por contacto indirecto.

- Caídas al mismo nivel por falta de orden y limpieza.
- Afecciones oculares y en mucosas.

a. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales
  - Empleo obligatorio de casco homologado.
  - Empleo de guantes de goma.
  - Empleo de guantes de lona.
  - Empleo de calzado con suela reforzada anticlavos.
  - Empleo de botas de goma de caña alta durante el vertido del hormigón.
  - Empleo de cinturón de seguridad.
  - Empleo de protector de sierra.

c) Riesgos que no pueden ser evitados.

- Cortes en las manos.
- Golpes en las manos, los pies y la cabeza.
- Pinchazos (sobre todo en los pies).
- Caídas en altura de personas en la puesta en obra del hormigón.
- Caídas de objetos a distinto nivel (árido, madera, martillos, tenazas, etc.).

a. Normas básicas de seguridad

- A fin de evitar su caída a otro nivel, las herramientas de mano se llevarán enganchadas con mosquetón.
- A fin de evitar contactos indirectos, toda la maquinaria eléctrica contará con interruptores diferenciales y toma de tierra.
- Se protegerán todos los huecos de planta (ascensor, escaleras, patios de luces,) con barandillas y rodapiés.
- Se cumplirán las normas de acuñamiento de puntales, desencofrado, etc.
- Se usará siempre el acceso protegido para acceder al interior de la obra.
- El hormigonado del forjado se realizará desde tablones.
- Se prohibirá el paso de personal por debajo de las estructuras de acero durante su colocación.
- Se utilizarán plataformas para el tránsito sobre forjados sin hormigonar.
- Se comprobará la estabilidad de los encofrados antes de verter el hormigón.

- Se completará correctamente la fase de desencofrado.
- Se evitará la acumulación puntual de hormigón que pueda poner en peligro la estabilidad del forjado.
- Los elementos de construcción no pasarán nunca por encima de los operarios.
- Los operarios trabajarán con cinturones portaherramientas, que sujetarán las herramientas de trabajo de forma adecuada.
- Los puntales se colocarán rectos y sin deformaciones sobre durmientes.
- No se permitirá el tránsito por una zona determinada hasta que no haya fraguado y endurecido el hormigón.

d) Riesgos especiales

No existen este tipo de riesgos.

2.7.4.2.1.4. Albañilería

a) Descripción de los trabajos

Estos pueden ser muy variados, por lo que se tratarán aquellos que se llevan a cabo con más frecuencia y cuya realización puede presentar un mayor riesgo, así como el empleo de los medios auxiliares más empleados, los cuales presentan riesgos de por sí.

Los andamios de borriquetas, que se utilizan en un gran número de trabajos de albañilería, tendrán una altura máxima de 1,5 m. La plataforma de trabajo estará compuesta por tres tablones perfectamente unidos entre sí, que habrán sido seleccionados previamente comprobando que no presentan clavos. Al iniciar estos trabajos, dicha plataforma permanecerá libre de obstáculos a fin de evitar caídas y tampoco soportará cargas excesivas.

b) Riesgos que pueden ser evitados

- En los trabajos de guarnecido y enlucido
  - Caídas al mismo nivel.
  - Dermatosis debido al contacto con pastas y morteros.
- Otros más generales
  - Sobreesfuerzos.
  - Caídas de altura al mismo y a diferente nivel.

a. Normas básicas de seguridad

El orden y la limpieza deben primar en todo momento, de modo que las superficies de tránsito deberán estar libres de obstáculos (escombros, herramientas, materiales), ya que pueden causar golpes o caídas. De esta forma, se mejorará tanto la seguridad como el rendimiento.

La evacuación de escombros se realizará mediante conducción tabular —también conocida como trompa de elefante—, la cual se anclará debidamente a los forjados con protección frente a caídas al vacío de las bocas de descarga.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales
  - Empleo de mono de trabajo.
  - Empleo de casco de seguridad homologado.
  - Empleo de gafas protectores y de seguridad.
  - Empleo de guantes de goma fina o caucho natural.
  - Empleo de manoplas de cuero.
  - Empleo de dediles reforzados con cota de malla para los trabajos manuales de apertura de rozas.
  - Empleo de mascarillas antipolvo.
- Protecciones colectivas
  - Se instalarán barandillas resistentes provistas de rodapiés para cubrir los huecos entre los forjados y las aberturas en los cerramientos que aún no están terminados.
  - Se instalarán marquesinas a nivel de primera planta.
  - Se mantendrá la coordinación con los demás oficios que intervienen en la obra.

2.7.4.2.1.5. Cubiertas

a) Descripción de los trabajos

La cubierta estará compuesta por planchas de policarbonato transparente, que se colocarán sobre correas de acero, espaciadas a 1,5 m.

Dado que se trabajará a varios metros de altura sobre un plano inclinado, se proveerá a los trabajadores de los medios de seguridad necesarios, tanto personales como colectivos, y

se prestará especial atención a fin de evitar caídas. Se atenderá de forma especial a la protección en los aleros, cuyo cumplimiento se exigirá estrictamente.

Los principales medios que se van a utilizar durante esta fase son:

- Camión portapalets.
- Plataforma de trabajo.
- Útiles y herramientas.

El personal que participe en esta actividad no tendrá vértigo, pues estará especializado en este tipo de montajes.

b) Riesgos que pueden ser evitados

- Caídas del personal que participa en la obra a causa de no utilizar los medios de protección adecuados.
- Caídas de los materiales que se están empleando en la cubierta.
- Hundimiento de los elementos de la cubierta por un acopio excesivo de materiales.

a. Normas básicas de seguridad

- Se suspenderán los trabajos en la cubierta siempre que haya vientos fuertes que comprometan la estabilidad de los operarios y que puedan arrastrar los materiales, así como cuando se produzcan lluvias, nevadas o heladas que hagan que las superficies del trabajo sean deslizantes.
- Se cuidará la colocación de las protecciones perimetrales en los vuelos de la cubierta y el estado de la plataforma de trabajo, así como su idoneidad según la normativa.
- En la cumbrera, se montará un cable en sentido longitudinal, por el cual se deslizará la cuerda salvavidas, cuya longitud será —como máximo— igual a la de la pendiente de la cubierta. La cuerda salvavidas y el cinturón se unirán mediante un dispositivo paracaídas, que permitirá su deslizamiento ascendente a lo largo de la cuerda, mientras que el descendente solo podrá conseguirse al accionar el mecanismo de desembrague.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales
  – Empleo de mono de trabajo, cuyas perneras y mangas deben quedar perfectamente ajustadas.

  - Empleo de casco de seguridad homologado.
  - Empleo de calzado homologado con suelas antideslizantes.
  - Empleo de cinturones de seguridad de sujeción homologados, que estarán anclados a elementos resistentes y solo se utilizarán si los medios de protección colectiva no están posibles.
- Protecciones colectivas
  - Empleo de redes elásticas de fibra, poliamida o poliéster con una cuadrícula máxima de 10 x 10 cm para delimitar las posibles caídas del personal. Se situarán —como mucho— dos forjados antes de la cubierta, puesto que se pueden utilizar únicamente para una altura máxima de caída de 6 m.
  - Empleo de cables de fijación para cinturones de seguridad en cumbrera.
  - Empleo de marquesina bajo forjado de cubierta.
  - Empleo de pasarelas para la circulación y los trabajos sobre la cubierta.

c) Riesgos que no pueden ser evitados

Por lo general, se pueden evitar todos los riesgos de cubierta.

d) Riesgos especiales

No existen este tipo de riesgos.

2.7.4.2.1.6. Instalaciones

a) Descripción de los trabajos

Se tendrán en cuenta los trabajos de fontanería y de electricidad.

b) Riesgos que pueden ser evitados

Instalaciones de fontanería:

  - Golpes contra objetos.
  - Heridas y cortes en extremidades superiores.
  - Quemaduras producidas por descargas eléctricas y por la llama del soplete.
  - Explosiones e incendios en los trabajos de soldadura.
  - Proyecciones de partículas del material metálico que genera la herramienta.

Instalaciones de electricidad:

- Caídas de personal al mismo nivel debido al mal uso de las escaleras.
- Electrocuciones.
- Caídas de objetos y materiales a otros niveles.

a. Normas básicas de seguridad

Instalaciones de fontanería:

- La maquinaria portátil que se use tendrá doble aislamiento.
- Nunca se usará la canalización de la climatización como toma de tierra o neutro.
- Se revisarán los sopletes, las mangueras y las válvulas para evitar las fugas de gases.
- Se alejarán las botellas de gas de toda fuente de calor, por lo que se protegerán del sol.
- A fin de evitar golpes y cortes, se comprobará el estado general de las herramientas manuales.
- A excepción de los trabajos de soldadura que deben realizarse *in situ*, estos se realizarán en el local destinado a tal efecto.
- Se ventilarán y delimitarán debidamente los lugares en los que se suelde plomo.

Instalaciones de electricidad:

- Las conexiones siempre se realizarán sin tensión.
- Las pruebas que deban realizarse con tensión, se harán previa comprobación del acabado de la instalación eléctrica.
- A fin de evitar cortes y golpes, las herramientas manuales se revisarán periódicamente.
- Los cuadros generales distribuidores de la corriente a las diferentes instalaciones de la obra deberán tener instalados relés diferenciales, tanto para la fuerza como para el alumbrado.
- Los relés para la fuerza serán de 0,3 A de sensibilidad y tendrán que conectarse obligatoriamente a la toma de tierra de resistencia, que no será superior a 37 Ω.

- Los interruptores diferenciales para el alumbrado serán de 0,3 A de sensibilidad, a los cuales se conectará toda la instalación de alumbrado, así como las herramientas eléctricas portátiles.
- En previsión del deterioro de la cubierta aislante de los cables, se protegerá la conducción eléctrica del paso de máquinas y personas mediante enterramiento en el suelo.
- Se enterrará el tendido de los cables para cruzar viales de obra.
- Se protegerá con carcasa de material aislante todos los bornes de maquinaria y cuadros eléctricos que estén en tensión o sean susceptibles de estarlo.
- Se prohíbe la utilización directa de las puntas de los conductores como clavijas de toma de corriente.
- El material de los portalámparas deberá ser aislante para que no puedan transmitir corriente por contactos con otros elementos de obra.
- Se elevarán los empalmes entre mangueras y se prohíbe mantenerlos en el suelo.
- Los empalmes provisionales entre mangueras se ejecutarán mediante conexiones normalizadas que sean estancas y antihumedad. En cuanto a los definitivos, se realizarán mediante el uso de cajas de empalmes normalizadas que seas estancas y antihumedad.
- A fin de evitar accidentes por agresión a las mangueras por uso a ras de suelo, se colgará el trazado de las mangueras de suministro eléctrico a una altura aproximada de 2 m.
- El trazado de las mangueras de suministro eléctrico no coincidirá en ningún momento con el suministro provisional de aguas a la planta.

b. Normas de prevención tipo para los interruptores

- Los interruptores se ajustarán a los especificados en el Reglamento electrotécnico de Baja Tensión.
- Los interruptores se instalarán dentro de cajas normalizadas con puerta de entrada y cerradura de seguridad.
- Las cajas de interruptores presentarán una señal normalizada de «peligro, electricidad» sobre su puerta.

c. Medidas técnicas de protección

Instalaciones de fontanería:

- Protecciones personales
  - Empleo de mono de trabajo.
  - Empleo de casco de seguridad homologado.
  - Empleo, por parte de los soldadores, de gafas, guantes, mandiles de cuero y botas con polainas.
- Protecciones colectivas
  - Las escaleras, las plataformas y los andamios empleados estarán en perfectas condiciones y contarán con barandillas resistentes y rodapiés.
  - Las máquinas eléctricas presentarán toma de tierra.

Instalaciones de electricidad:

- Protecciones personales
  - Empleo de mono de trabajo.
  - Empleo de casco aislante homologado.
  - Empleo de guantes aislantes.
  - Las herramientas que se empleen estarán provistas de doble aislante.
- Protecciones colectivas
  - La zona de trabajo estará siempre ordenada, limpia e iluminada correctamente.
  - Las escaleras dispondrán de tirantes para delimitar su apertura cuando sean de tijera. Si son de mano, entonces serán de madera y presentarán elementos antideslizantes en su base.
  - Se señalizarán convenientemente aquellas zonas en las que se esté trabajando.

c) Riesgos que no pueden ser evitados

Por lo general, se pueden evitar todos los riesgos de instalaciones.

d) Riesgos especiales

No existen riesgos especiales.

2.7.4.2.1.7. Revestimientos

a) Descripción de los trabajos

Los trabajos de revestimientos se centrarán en el soldado.

b) Riesgos que pueden ser evitados

- Caída de materiales en el peldañeado.
- Salpicadura de partículas en los ojos.

a. Normas básicas de seguridad

- Si fuese necesario utilizar lámparas eléctricas portátiles por falta de iluminación, se seguirá lo que estipula a este respecto la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Si se puliese el pavimento, se utilizarán mascarillas de respiración.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales
  - Empleo de mono de trabajo.
  - Empleo de casco de seguridad homologado.
  - Empleo de guantes de cuero.
  - Empleo de botas con puntera reforzada.
  - Empleo de mascarilla para los trabajos de corte.
- Protecciones colectivas

Las zonas en las que se trabaje estarán limpias y ordenadas en todo momento, con luz suficiente, ya sea esta natural o artificial.

2.7.4.2.1.8. Carpintería

a) Descripción de los trabajos

Los trabajos de carpintería se centrarán en la carpintería metálica y la cerrajería.

b) Riesgos que pueden ser evitados

En general, serán de tubo de hierro para pintar y chapa. El proceso de ejecución dispondrá de:

- Suministro de cercos.

- Suministro y colocación de elementos metálicos para protecciones y cierres, como las barandillas, etc.

a. Normas básicas de seguridad

- Las conexiones de la maquinaria se realizarán mediante el uso de clavijas adecuadas.
- El operario deberá desconectar la maquinaria que maneja no esté presente.
- La maquinaria se revisará a diario.
- Al comienzo de cada jornada, se comprobará el estado de los medios auxiliares utilizados en su colocación (andamios, cinturones de seguridad y sus respectivos anclajes).

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales
  - Empleo de mono de trabajo.
  - Empleo de casco de seguridad homologado.
  - Empleo de guantes de cuero.
  - Empleo de botas con puntera reforzada.
  - Empleo de cinturón de seguridad homologado para trabajos con riesgo de caída a diferente nivel.
- Protecciones colectivas
  - Se utilizarán medios auxiliares adecuados para realizar los trabajos (andamios, escaleras, etc.).
  - Se mantendrán ordenadas las zonas de trabajo.
  - Se acotarán las zonas de trabajo a nivel del suelo.
  - Se asegurarán convenientemente las carpinterías en aquellos lugares en los que vayan a disponerse, hasta que se fijen de forma definitiva.

c) Riesgos que no pueden ser evitados

- Caída de pequeños objetos y otros materiales durante la instalación.
- Golpes con objetos.

a. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales
  - Empleo de mascarilla antipolvo.

- Protecciones colectivas

Serán las mismas que se han detallado en el apartado de riesgos que pueden ser evitados.

d) Riesgos especiales

No existen riesgos especiales.

2.7.4.2.1.9. Pintura

a) Descripción de los trabajos

Se engloban en este apartado todas las pinturas aplicadas a las soldaduras de las mesas de cultivo para evitar su corrosión.

b) Riesgos que pueden ser evitados

- Intoxicaciones por emanaciones.
- Salpicaduras a la cara, especialmente cuando se aplica en techos.
- Explosiones e incendios.
- Caídas al mismo nivel debido al uso inadecuado de los medios auxiliares.
- Atrapamiento por órganos de transmisión de máquinas proyectoras de pintura que se encuentren desprovistos de resguardos en sus poleas.

a. Normas básicas de seguridad

- Al iniciar la jornada, se revisará todo el andamiaje y los medios auxiliares, comprobando barandillas y demás protecciones, así como la estabilidad del conjunto.
- Se emplearán dispositivos de seguridad para evitar el desplazamiento de las plataformas móviles.
- Se acotará la parte inferior en la que se vaya a aplicar la pintura.
- Se evitará el contacto directo de la pintura con la piel, para lo cual se proveerá a los trabajadores que la apliquen de prendas de trabajo adecuadas que permitan su movilidad y los protejan de salpicaduras.
- El vertido de pinturas se llevará a cabo desde poca altura para evitar las salpicaduras y la formación de nubes de polvo.
- No se fumará, comerá, ni beberá cerca del lugar de vertido cuando se trabaje con pinturas que contengan disolventes orgánicos o pigmentos tóxicos.

- Los trabajadores estarán dotados de adaptadores faciales debidamente homologados por el Ministerio de Trabajo, con su correspondiente filtro químico o mecánico, cuando se apliquen imprimaciones que desprendan vapores orgánicos.
- Se alejarán del trabajo las fuentes que desprendan calor cuando se apliquen pinturas con riesgo de inflamación. Asimismo, se tendrá a mano un extintor adecuado.
- Las pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables se almacenarán en recipientes cerrados para alejarlos de las fuentes de calor. Por su parte, cuando los recipientas contengan nitrocelulosa, se realizará un volteo periódico de los mismos a fin de evitar el riesgo de inflamación. Además, el local dispondrá de extintores adecuados.
- Se ventilarán correctamente los lugares en los que se realizan los trabajos.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales
  - Empleo de gafas protectoras, especialmente en las aplicaciones en techos.
  - Empleo de mascarilla protectora.
  - No se fumará ni se utilizarán máquinas que puedan producir chispas.
- Protecciones colectivas
  - Dado que este tipo de acabados se realizan una vez terminada la obra, no son necesarias las protecciones colectivas específicas más allá del uso adecuado de los equipos.
  - Se cerrarán los recipientes que contengan disolventes y se situarán lejos de fuentes de calor.

c) Riesgos que no pueden ser evitados.

Por lo general, se pueden evitar todos los riesgos con pinturas.

d) Riesgos especiales.

No existen este tipo de riesgos.

2.7.4.2.1.10. Medios auxiliares

a) Descripción de los trabajos

A continuación, se muestra un listado con los medios auxiliares más empleados.

- Los andamios de servicios se utilizan como elemento auxiliar en los trabajos de cerramientos. Los hay de dos tipos:
  - Los andamios colgados móviles están formados por plataformas metálicas, que están suspendidas de cables mediante pescantes metálicos y atraviesan el forjado de la cubierta a través de una barrilla provista de tuerca y contratuerca para su anclaje al mismo.
  - Los andamios de borriquetas o caballetes están compuestos por un tablero horizontal de tres tablones y colocados sobre dos pies en forma de V invertida, sin arriostramientos.
- Las escaleras se emplean en diferentes oficios y destacan dos tipos, las escaleras de manos y las fijas. Aunque esta última no constituya un medio auxiliar como tal, plantea unos cuantos problemas a los que se harán referencia más adelante.
  - Las escaleras de mano serán de dos tipos, metálicas y de madera, y se utilizarán en aquellos trabajos que impliquen poco tiempo y altura, así como para acceder a algún lugar elevado sobre el nivel del suelo.

b) Riesgos que pueden ser evitados

Andamios colgados

- Caídas ocasionadas por la rotura de la plataforma de trabajo o por la mala unión entre dos plataformas.
- Caídas debido a la rotura de los cables.
- Caída de materiales.

Andamios de borriquetas

- Caídas del personal por no emplear los tres tablones que deben formar el tablero horizontal o vuelcos debido a la falta de anclajes.

Escaleras fijas

- Caídas del personal.

Escaleras de mano

- Caídas a niveles inferiores debido a su mala colocación, a la rotura de alguno de los peldaños, al deslizamiento de la base por una inclinación excesiva o la presencia de agua en el suelo.
- Golpes con la escalera cuando su manejo no es el adecuado.

Visera de protección

- Desplome de la visera porque los puntales metálicos no estén bien aplomados.
- Desplome de la estructura metálica que forma la visera porque las uniones que se emplean en los soportes no son rígidas.
- Caída de pequeños objetos porque la visera no está cuajada ni cosida correctamente.

a. Normas básicas de seguridad

Generales para los dos tipos de andamios de servicios.

- No se depositará peso violentamente sobre los andamios.
- No se acumulará demasiada carga, ni demasiadas personas en un mismo punto.
- Las andamiadas estarán libres de obstáculos y no se realizarán movimientos violentos sobre ellas.

Andamios colgados móviles

- La separación entre los pescantes metálicos no será superior a 3 m.
- Las andamiadas no serán mayores de 8 m.
- Los andamios estarán provistos de barandillas delanteras y traseras, de 0,70 m y 0,90 m de altura respectivamente, ambas con rodapié.
- No se mantendrá una separación mayor de 0,45 m desde los cerramientos y se asegurará mediante anclajes.
- El cable tendrá una longitud suficiente como para que en el tambor queden dos vueltas con la plataforma en la posición más baja.
- Se desecharán los cables con hilos rotos.
- Se emplearán tres caballetes cuando haya más de 3 m de longitud.
- Tendrán barandilla y rodapié cuando los trabajos se efectúen a una altura superior a 2 m.

- La plataforma de trabajo nunca se apoyará sobre otros elementos que no sean los propios caballetes o borriquetas.

Escaleras de mano

- Se colocarán apartadas de elementos móviles que puedan derribarlas.
- Estarán fuera de las zonas de paso.
- Los largueros serán de una sola pieza, con los peldaños ensamblados.
- El apoyo inferior se realizará sobre superficies planas y en el pie llevará algún elemento que impida su desplazamiento.
- La parte de arriba se apoyará sobre elementos resistentes y planos.
- Las subidas y bajadas se harán siempre de frente a ellas.
- Se prohíbe manejar pesos superiores a 25 kg mientras se esté subido a una de ellas.
- No se realizarán trabajas que requieran el uso de las dos manos.
- Las escaleras dobles o de tijera contarán con cadenas o cables que eviten que se abran al utilizarlas.

Visera de protección

- Los apoyos de visera, tanto en el suelo como en el forjado, se realizarán sobre durmientes de madera.
- Los puntales metálicos siempre estarán verticales y aplomados a la perfección.
- Los tablones que conforman la visera de protección se colocarán para que no se muevan, deslicen o basculen.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales
  - Empleo de mono de trabajo.
  - Empleo de casco de seguridad homologado.
  - Empleo de calzado con suela antideslizante.
- Protecciones colectivas
  - Se delimitará la zona de trabajo en los andamios colgados, de forma que se evite el paso del personal por debajo de ellos y que coincida con las zonas de acopio de materiales.
  - Cuando se esté trabajando sobre ellos en los cerramientos de fachadas, se colocarán viseras o marquesinas de protección bajo las zonas de trabajo.

- Se señalizará la zona mientras se montan y desmontan.

c) Riegos que no pueden ser evitados

Por lo general, se pueden evitar todos los riesgos con los medios auxiliares.

2.7.4.2.2. Riesgos de las maquinarias

2.7.4.2.2.1. Maquinaria de movimiento de tierras

2.7.4.2.2.1.1. Camión basculante

a) Descripción de los trabajos

Transporte de tierra y escombros.

b) Riesgos que pueden ser evitados

- Choques con elementos fijos de la obra.
- Atropello y aprisionamiento de personas en maniobras y operaciones de mantenimiento.

a. Normas básicas de seguridad

- La caja se bajará inmediatamente después efectuar la descarga y antes de emprender la marcha.
- Se respetarán todas las normas del código de circulación.
- Se respetará en todo momento la señalización de la obra.
- Las maniobras se realizarán sin hacer movimientos bruscos y anunciándolas con antelación gracia a la ayuda del personal.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales

El conductor del vehículo deberá:

  - Utilizar un casco homologado siempre que baje del camión.
  - Permanecer alejado del camión durante la carga y fuera del radio de acción de las máquinas.
  - Echar el freno de mano antes de comenzar la descarga.
- Protecciones colectivas
  - No habrá nadie cerca del camión mientras realiza las maniobras.

c) Riesgos que no pueden ser evitados

- Vuelcos mientras circula por la rampa de acceso.

a. Normas básicas de seguridad

- Entrará y saldrá del solar con precaución, ayudándose de las indicaciones de un miembro del personal.
- Si, por algún motivo, tuviese que parar en la rampa de acceso, se frenará el camión y se calzará con topes.
- La velocidad de circulación se determinará en función de la carga que transporte, la visibilidad y las condiciones del terreno.

b. Medidas técnicas de protección

Las mismas que se detallan en el apartado de movimiento de tierras.

2.7.4.2.2.2. Maquinaria de elevación

2.7.4.2.2.2.1. Montacargas

a) Descripción de los trabajos

Subida y bajada de materiales.

b) Riesgos que pueden ser evitados

- Tropiezos de la jaula con obstáculos que sobresalgan.
- Caída de materiales.
- Electrocución.
- Atrapamientos de extremidades a personas.

a. Normas básicas de seguridad

- La protección perimetral del hueco podrá resistir un esfuerzo de 150 kg por metro lineal.
- Las puertas de acceso a la plataforma tendrán los enclavamientos necesarios para anular cualquier movimiento de la plataforma mientras estén abiertas.
- Si hay materiales sobresalientes en las puertas, no se accionará el montacargas hasta que no se haya dejado libre el recorrido.
- Antes de poner el montacargas en servicio normal, se realizarán las pertinentes pruebas de recepción (frenos, enclavamientos eléctricos, paracaídas, etc.), así como las revisiones periódicas durante su uso.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales
  - Empleo de casco homologado.
  - Empleo de guantes de cuero.
  - Se habilitará un lugar protegido contra la caída de materiales para el operador.
- Protecciones colectivas
  - Se protegerán los huecos de planta con barandilla basculante.
  - Se revisará periódicamente el entablonado de acceso a la puerta del montacargas.

c) Riesgos que no pueden ser evitados.

- Rotura del cable de elevación.

a. Normas básicas de seguridad

- La plataforma estará dotada de un dispositivo de seguridad, tipo paracaídas, que actuará sobre las grúas en caso de rotura de los cables de tiro.
- En todas las puertas de acceso se colocará un cartel bien visible que indique la prohibición de uso en subida o bajada por parte del personal.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales

Las mismas que para los riesgos que pueden ser evitados.

- Protecciones colectivas

Serán las mismas que se han detallado en el apartado de riesgos que pueden ser evitados.

2.7.4.2.2.2.2. Maquinillo

a) Descripción de los trabajos

Subida y bajada de materiales.

b) Riesgos que pueden ser evitados

- Caída de la propia máquina debido a un anclaje deficiente.
- Caídas de materiales en altura durante las operaciones de subida o bajada.
- Caídas del operador en altura debido a la ausencia de elementos de protección.
- Descargas eléctricas por contacto directo o indirecto.

a. Normas básicas de seguridad

- Se prohibirá circular o situarse bajo la carga suspendida.
- Se prohibirán los movimientos simultáneos de elevación y descenso.
- Se prohibirá arrastrar cargas por el suelo, hacer tracción oblicua de las mismas, dejar cargas suspendidas con la máquina parada o intentar elevar cargas sujetas al suelo o a algún otro punto.
- Cualquier operación de mantenimiento se realizará con la máquina parada.
- El anclaje del maquinillo se realizará mediante abrazaderas metálica a puntos sólidos del forjado, a través de sus patas laterales y trasera. El arriostramiento nunca se hará con bidones llenos de arena u otro material.
- Se comprobará la existencia del limitador de recorrido que impida el choque de la carga contra el extremo superior de la pluma.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales
  - Empleo de casco homologado de seguridad.
  - Empleo de gafas antipolvo si fuese necesario.
  - Empleo de guantes de cuero.
  - Empleo de botas de agua.
  - Empleo de cinturón de seguridad en todo momento. Este deber anclarse a un punto sólido, pero nunca a la propia máquina.
- Protecciones colectivas
  - El cable de alimentación desde cuadro secundario se mantendrá en perfecto estado de conservación.
  - Además de las barandillas de la propia máquina, se instalarán otras barandillas que cumplirán las mismas condiciones que el resto de los huecos.
  - La carga se dispondrá adecuadamente para evitar posibles basculamientos.

c) Riesgos que no pueden ser evitados

- Rotura del cable de elevación.

a. Normas básicas de seguridad

- Antes de empezar el trabajo, se comprobará el estado de los accesorios de seguridad, así como el cable de suspensión de cargas, y de las eslingas a utilizar.
- Se dispondrá, a la vista de todos, un cartel que indique el peso máximo a elevar.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales

Serán las mismas que se han detallado en el apartado de riesgos que pueden ser evitados.

- Protecciones colectivas

– El gancho de suspensión de carga, con cierre de seguridad, estará en buen estado.
– El motor y los órganos de transmisión estarán correctamente protegidos.
– Al término de la jornada de trabajo, se pondrán los mandos a cero, no se dejarán cargas suspendidas y se desconectará la corriente eléctrica en el cuadro secundario.

2.7.4.2.2.3. Máquinas herramientas

2.7.4.2.2.3.1. Cortadora de material

a) Descripción de los trabajos

Corte de piezas con disco.

b) Riesgos que pueden ser evitados

- Descargas eléctricas.
- Cortes.
- Amputaciones.

a. Normas básicas de seguridad

- La máquina tendrá en todo momento colocada la protección del disco y de la transmisión.

b. Medidas técnicas de protección

- **Protecciones personales**
  – Empleo de casco homologado.
  – Empleo de guantes de cuero.
- **Protecciones colectivas**
  – La cortadora se situará en zonas que no sean de paso y que estén bien ventiladas siempre y cuando no sea del tipo de corte bajo chorro de agua.
  – Conservación adecuada de la alimentación eléctrica.

c) Riesgos que no pueden ser evitados

- Proyección de partículas y polvo.
- Rotura del disco.

a. Normas básicas de seguridad

- Se comprobará el estado del disco antes de comenzar el trabajo. En el caso de que estuviese desgastado o resquebrajado, se sustituirá inmediatamente.
- Al cortar, la pieza no presionará contra el disco, gracias a lo cual se evitará su bloqueo. Además, la pieza no presionará el lateral del disco en oblicuo.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales
  - Empleo de mascarillas con filtro.
  - Empleo de gafas antipartículas.
- Protecciones colectivas

Serán las mismas que se han detallado en el apartado de riesgos que pueden ser evitados.

2.7.4.2.2.3.2. Vibrador

a) Descripción de los trabajos

Vibrado de hormigones en todos los elementos estructurales, cimentación y muros.

b) Riesgos que pueden ser evitados

- Caídas en altura.
- Descargas eléctricas.

a. Normas básicas de seguridad

- Si discurre por zonas de paso, la manguera de alimentación se protegerá desde el cuadro eléctrico.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales
  - Empleo de casco homologado.
  - Empleo de guantes dieléctricos.
  - Empleo de botas de goma.
- Protecciones colectivas

Las mismas que para la estructura de hormigón.

c) Riesgos que no pueden ser evitados

- Salpicaduras de lechada en los ojos.

a. Normas básicas de seguridad

- El vibrado se realizará siempre desde una posición estable.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales
  - Empleo de gafas de protección contra salpicaduras.
- Protecciones colectivas

Serán las mismas que se han detallado en el apartado de riesgos que pueden ser evitados.

2.7.4.2.2.3.3. Sierra circular

a) Descripción de los trabajos

Herramienta de corte de piezas mediante disco.

b) Riesgos que pueden ser evitados

- Cortes en extremidades superiores.
- Amputaciones en extremidades superiores.
- Descargas eléctricas.
- Incendios.

a. Normas básicas de seguridad

- El disco contará con una carcasa protectora y resguardos que impidan los atrapamientos por los órganos móviles.
- Se controlará el estado de los dientes del disco, así como de su estructura.
- Con el objetivo de evitar incendios, la zona de trabajo se mantendrá limpia de serrín y virutas.
- Se evitará la presencia de clavos al cortar.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales
  - Empleo de casco homologado de seguridad.
  - Empleo de guantes de cuero.
  - Empleo de calzado con plantillas anticlavos.
- Protecciones colectivas
  - Se acotará la zona donde se utilice la máquina, la cual debe instalarse en un lugar sin circulación.

- Se dispondrá de un extintor manual de polvo químico antibrasa en el puesto de trabajo.

c) Riesgos que no pueden ser evitados

- Rotura del disco.
- Proyección de partículas.

a. Normas básicas de seguridad

Serán las mismas que se han detallado en el apartado de riesgos que pueden ser evitados.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales
  - Empleo de gafas de protección para evitar la proyección de partículas de madera.
- Protecciones colectivas

Serán las mismas que se han detallado en el apartado de riesgos que pueden ser evitados.

2.7.4.2.2.3.4. Amasadora

a) Descripción de los trabajos

Destinada a la elaboración de morteros y hormigones en general.

b) Riegos que pueden ser evitados

- Atrapamientos por órganos móviles.
- Descargas eléctricas.
- Vuelcos y atropellos al cambiarla de lugar.

a. Normas básicas de seguridad

- La máquina se situará en una superficie llana y estable.
- Se protegerán con carcasas las partes móviles y de transmisión.
- No se introducirá el brazo en el tambor mientras la máquina está en funcionamiento bajo ningún concepto.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales
  - Empleo de mono de trabajo.
  - Empleo de casco homologado de seguridad.
  - Empleo de guantes de goma.
  - Empleo de botas de goma.

  - Empleo de mascarilla antipolvo.
- Protecciones colectivas
  - La zona de trabajo se delimitará claramente.
  - La alimentación eléctrica se conservará correctamente.

c) Riesgos que no pueden ser evitados

Por lo general, se pueden evitar todos los riesgos de la amasadora.

2.7.4.2.2.3.5. Herramientas manuales

a) Descripción de los trabajos

Aquí se incluyen las siguientes herramientas manuales: disco radial, martillo rotativo, taladro percutor, pistola clavadora, lijadora y rozadora.

b) Riesgos que pueden ser evitados

- Caídas en altura.
- Cortes en extremidades.
- Descargas eléctricas.
- Explosiones e incendios.

a. Normas básicas de seguridad

- Todas las herramientas eléctricas contarán con un doble aislamiento de seguridad.
- El personal que utilice estas herramientas conocerá sus instrucciones de uso.
- Se revisarán las herramientas periódicamente a fin de cumplir las instrucciones de conservación del fabricante.
- Se hará acopiado de ellas en el almacén de obra, al que se llevaran una que vez que se haya terminado el trabajo. Además, las herramientas más pesadas se colocarán en las baldas más cercanas al suelo.
- Las máquinas no se desconectarán de un tirón brusco.
- No se empleará una herramienta eléctrica sin enchufe. Si hubiese necesidad de utilizar mangueras de extensión, se harán de la herramienta al enchufe y no al revés.
- Los trabajos con estas herramientas se realizarán siempre en posición estable.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales
  - Empleo de casco de seguridad homologado.
  - Empleo de guantes de cuero.

  - Empleo de cinturón de seguridad para trabajos en altura.
  - Empleo de protecciones, tanto auditivas como oculares, mientras se utiliza la pistola clavadora.

- Protecciones colectivas

– Las zonas de trabajo permanecerán limpias y ordenadas.
– Se hará un buen uso de las mangueras de alimentación a herramientas.
– Se protegerán los huecos con barandillas.

c) Riesgos que no pueden ser evitados

- Ambiente ruidoso.
- Generación de polvo.
- Proyección de partículas.

a. Normas básicas de seguridad

Serán las mismas que se han detallado en el apartado de riesgos que pueden ser evitados.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales

Serán las mismas que se han detallado en el apartado de riesgos que pueden ser evitados.

- Protecciones colectivas

Serán las mismas que se han detallado en el apartado de riesgos que pueden ser evitados.

2.7.4.2.3. Riesgos de las instalaciones provisionales

2.7.4.2.3.1. Instalación eléctrica provisional

a) Descripción de los trabajos

Previa petición de suministro a la empresa, indicando el punto de entrega de suministro de energía según plano, procederemos al montaje de la instalación de la obra. La empresa suministradora realizará la acometida.

A continuación, se situará el cuadro general del mando y protección dotado de seccionador general de corte automático, interruptor omnipolar y protección contra faltas a tierra y sobrecargas y cortocircuitos mediante interruptores magnetotérmicos y diferencial de 300 mA. El cuadro estará construido de forma que impida el contacto con los elementos de bajo tensión.

De este cuadro saldrán circuitos secundarios de alimentación a los cuadros secundarios para alimentación a montacargas, maquinillo, vibrador, etc., dotados de interruptor omnipolar, interruptor general magnetotérmico, estando las salidas protegidas con interruptor magnetotérmico de intensidad acorde con la sección del circuito a proteger.

Por último, del cuadro general saldrá un circuito de alimentación para los cuadros secundarios donde se conectarán las herramientas portátiles en los diferentes tajos. Estos cuadros serán de instalación móvil, según las necesidades de la obra y cumplirán las condiciones exigidas para instalaciones de intemperie, estando colocados estratégicamente, a fin de disminuir en lo posible el número de líneas y su longitud. Todos los conductores empleados en la instalación estarán aislados para una tensión de 1000 V.

b) Riesgos que pueden ser evitados.

- Contactos eléctricos de origen directo o indirecto.
- Los derivados de caídas de tensión en la instalación por sobrecarga (abuso o cálculo incorrecto de la instalación).
- Mal funcionamiento de los mecanismos y sistemas de protección.
- Mal comportamiento de las tomas de tierra (instalación incorrecta, picas que anulan los sistemas de protección del cuadro general).
- Caídas en altura y al mismo nivel.

a. Normas básicas de seguridad

- Se considerará bajo tensión cualquier parte de la instalación, mientras que no se compruebe lo contrario con aparatos destinados a tal efecto.
- El tramo aéreo entre el cuadro general de protección y los cuadros para máquinas se tensará con piezas especiales sobre apoyos. Si los conductores no pudiesen soportar la tensión mecánica prevista, se emplearán cables fiables con una resistencia de rotura de 800 kg, fijando a estos el conductor con abrazaderas.
- Si los conductores van por el suelo, no se pisarán ni se colocarán materiales sobre ellos. Se protegerán adecuadamente cuando atraviesen zonas de paso.
- En la instalación del alumbrado, se separarán los circuitos de valla, las escaleras, el acceso a zonas de trabajo, los almacenes, etc.
- Los aparatos portátiles necesarios estarán convenientemente aislados y serán estancos al agua.

- Las lámparas para el alumbrado general y sus accesorios se situarán a una distancia mínima de 2,50 m del suelo. Además, se protegerá con una cubierta resistente aquellas que se puedan alcanzar con facilidad.
- Las derivaciones de conexión a máquinas se realizarán con terminales de presión, disponiendo las mismas de mando de marcha y parada. Como son portátiles, dichas derivaciones no se someterán a una tracción mecánica que provoque su rotura.
- Existirá una señalización clara a la par que sencilla que prohíba la entrada a personas no autorizadas a los locales en los que se esté instalado el equipo eléctrico, así como el manejo de aparatos eléctricos a personas no designadas para ello.
- Del mismo modo, se darán instrucciones sobre las medidas que se deben adoptar en caso de incendio o accidente de origen eléctrico.
- Se reemplazarán de inmediato las mangueras que presenten algún daño en la capa aislante de protección.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales
  - Empleo de casco de seguridad homologado (dieléctrico, en su caso).
  - Empleo de guantes aislantes.
  - Empleo de botas aislantes y chaqueta ignífuga en maniobras eléctricas.
  - Empleo de comprobador de tensión.
  - Empleo de herramientas manuales provistas de aislamiento.
  - Empleo de alfombrillas, tarimas y pértigas aislantes.
- Protecciones colectivas
  - Se comprobará periódicamente el estado de las tomas de tierra, los enchufes, las mangueras, los cuadros distribuidores, etc.

c) Riesgos que no pueden ser evitados

Por lo general, se pueden evitar todos los riesgos de la instalación eléctrica provisional.

2.7.4.2.3.2. Producción de hormigón

a) Descripción de los trabajos

Se empleará hormigón, que será transportado en camiones con bombonas y será puesto en obra con un camión bomba.

b) Riesgos que pueden ser evitados

- Dermatosis causada por el contacto de la piel con el cemento.
- Neumoconiosis causada por la aspiración del polvo que procede del cemento.
- Golpes y caídas debido a la falta de señalización de los accesos en el manejo y la circulación de carretillas.
- Movimientos violentos en el extremo de la tubería.
- Atrapamientos por falta de protección de los órganos motores de la hormigonera.
- Contactos eléctricos.

a. Normas básicas de seguridad

En el uso de hormigoneras:

Además del hormigón que se transporta en bombas, se emplearán hormigoneras de eje fijo o móvil para cubrir las pequeñas necesidades que puedan surgir en la obra. Dichas hormigoneras reunirán las siguientes condiciones para calificar de seguro su uso:

- Se comprobará periódicamente el dispositivo de bloqueo de la cuba, así como el estado de los cables, las palancas y los accesorios.
- Cuando el operario termine la operación de hormigonado, dejará la cuba sobre el suelo o en posición elevada y totalmente inmovilizada.
- La hormigonera contará con una toma de tierra, todos los órganos que puedan dar lugar a atrapamientos estarán convenientemente protegidos, el motor dispondrá de una carcasa y el cuadro eléctrico estará aislado y cerrado permanentemente.

En operaciones de vertido manual de los hormigones:

- La superficie por donde pasen las carretillas estará limpia y sin obstáculos a fin de facilitar su vertido.

b. Medidas técnicas de protección

- Protecciones personales
  - Empleo de mono de trabajo.
  - Empleo de casco de seguridad homologado.
  - Empleo de guantes de goma.
  - Empleo de botas de goma para el agua.

- Protecciones colectivas
  - Se protegerán los elementos eléctricos.
  - Se cubrirán correctamente tanto el motor de la hormigonera como sus órganos de transmisión.
  - Los camiones bombona de servicio del hormigón efectuarán las operaciones de vertido con extrema precaución.

c) Riesgos que no pueden ser evitados

Por lo general, se pueden evitar todos los riesgos de la producción de hormigón.

2.7.4.2.3.3. Instalación contra incendios

1. Descripción

Son todas aquellas causas que propician la aparición de incendios en un edificio en construcción o reparación.

2. Riesgos que pueden ser evitados

Las causas que propician la aparición de un incendio en un edificio en construcción no son distintas de las que lo generan en otro lugar: existencia de una fuente de ignición (hogueras, braseros, energía solar, trabajos de soldadura, conexiones eléctricas, cigarrillos, etc.) junto a una sustancia combustible (parque, encofrados de madera, carburante para la máquina, pinturas y barnices, etc.), puesto que el comburente (oxígeno) está presente en todos los casos.

a. Normas básicas de seguridad

- Se realizará una revisión y comprobación periódica de la instalación eléctrica provisional, así como el correcto acopio de sustancias combustibles con los envases perfectamente cerrados e identificados a lo largo de la ejecución de la obra, situando este acopio en la planta baja.
- Los caminos de evacuación estarán libres de obstáculos, de aquí la importancia del orden y la limpieza en todos los tajos. El personal que esté trabajando en sótanos, se dirigirá hacia la zona abierta del patio de manzana en caso de emergencia. Existirá la adecuada señalización, indicando los lugares de prohibición de fumar (acopio de líquidos combustibles), situación del extintor, camino de evacuación, etc.

b. Medidas técnicas de protección

- Los medios de extinción serán los siguientes: extintores portátiles, instalando dos de dióxido de carbono de 12 kg en el acopio de los líquidos inflamables; uno de 6 kg de polvo seco antibrasa en la oficina de obra; uno de 12 kg de dióxido de carbono junto al cuadro general de protección y, por último, otro de 6 kg de polvo seco antibrasa en el almacén de herramientas.
- Asimismo, consideramos que deben tenerse en cuenta otros medios de extinción, tales como el agua, la arena, herramientas de uso común (palas, rastrillos, picos, etc.).
- Todas estas medidas han sido consideradas para que el personal extinga el fuego en la fase inicial si es posible o disminuya sus efectos hasta la llegada de los bomberos,

3. Riesgos que no pueden ser evitados

Por lo general, se pueden evitar todos los riesgos de la instalación contra incendios.

2.8. Anexo IX. Automatización

En este anexo se recoge el sistema de gestión y control necesario para el funcionamiento del cultivo, basado principalmente en los parámetros de cultivo necesarios para el modelo aeropónico.

2.8.1. Sensores

Comenzamos con los sensores principales que hacen posible el funcionamiento del modelo aeropónico. Estos son, como se ha descrito en el anexo de diseño de las mesas de cultivo, sensores de humedad preparados para trabajar en ambientes como el que se produce en el interior de las mesas de cultivo.

Ilustración 84: Sensor de humedad relativa. Fuente: Catálogo ARCUS.

Son fabricados por la marca ARCUS y nos reportarán datos de humedad relativa y temperatura en el interior de las bandejas. También se colocarán en el interior del invernadero para controlar la humedad relativa de su aire.

Los sensores que se muestran a continuación se encargarán de recoger datos instantáneos de la meteorología del emplazamiento del invernadero. Estos están recogidos dentro de una pequeña estación meteorológica, la cual se situará en el exterior del invernadero.

Ilustración 85: Estación meteorológica SKYSENSE. Fuente: Catálogo REGABER.

Se trata de la estación SKYSENSE, que reportará datos de:

- Pluviometría
- Temperatura
- Humedad relativa del aire
- Punto de rocío
- Viento
- Radiación solar
- Evapotranspiración

Está alimentada por una placa solar y cuenta con una batería, que la hace autosuficiente. Transmitirá los datos en tiempo vía GSM/GPRS, eliminando de esta forma la necesidad de infraestructuras auxiliares para su instalación.

Dentro de los depósitos de fertiirrigación, se colocarán sondas de inundación para conocer la cantidad disponible de fertilizantes y fitosanitarios.

Ilustración 86: Sensor de inundación. Fuente: Catálogo GLOBALCHIP.

Este tipo de sensor transmitirá la información en tiempo real utilizando también la vía GSM.

Fabricante	**GLOBALCHIP**
Referencia	**GLI-S2**
Alimentación	12 VDC
Consumo en reposo	12 mA
Consumo Alarma	30 mA
Temperatura de trabajo	0-50 ºC
Humedad de trabajo	0-95 % sin condensación
Nivel de líquido para alarma	2 mm
Dimensiones detector	111x70x42 mm
Dimensiones sonda	30x20x15 mm

Ilustración 87: Datos técnicos del sensor de inundación. Fuente: Catálogo GLOBALCHIP.

En el depósito de mezcla, se colocarán sensores de medición de electroconductividad del agua (mide las partículas disueltas en el agua EC) y pH, además de otros dos sensores de inundación para controlar el llenado del depósito. Los dos sensores que nos aportarán datos sobre la calidad del agua son indispensables para regular el agua de riego y adaptarla a las necesidades del cultivo.

Ilustración 88: Sensor de pH y EC. Fuente: Google Imágenes.

Este tipo de sensor, además de los parámetros anteriormente descritos, también reportará datos sobre la temperatura del agua. Transmite datos vía GSM y es alimentado con 12 V de corriente continua.

A la salida del equipo de bombas centrífugas, se colocará un manómetro diferencial con transmisión de datos para controlar la presión. Este transmitirá por cable la información recogida.

Ilustración 89: Manómetro diferencial. Fuente: Catálogo IBERTACOMA TARIFA.

2.8.2. Actuadores

Para el accionamiento del riego de las mesas, se coloca a la entrada de estas una electroválvula pilotada. Su accionamiento o desconexión quedará condicionada por los parámetros de humedad relativa que se definan y sean recogidos por su correspondiente sensor.

Ilustración 90: Electroválvula. Fuente: REGABER.

En el equipo de filtración y de llenado de los depósitos va incluida una electroválvula con solenoide para controlar su conexión o desconexión. Quedará regulada su actuación por los valores de nivel, pH y EC recogidos por los sensores en el depósito de mezcla.

También se actuará sobre las bombas inyectoras atendiendo a los mismos parámetros que en el equipo de filtrado. En este caso, la dosificación que realizarán quedará regulada por el agricultor en función de las disoluciones que utilice para fertiirrigación.

El funcionamiento de las bombas centrífugas quedará regulado por los niveles de presión recogidos en el circuito. Según los requerimientos de caudal, se activarán una o dos bombas, quedando la tercera regulada para funcionar únicamente en casos puntuales y dando una señal de alarma si esto se produce.

Todos estos automatismos serán pilotados por relés que se controlarán desde el equipo central.

Haciendo uso de los datos recogidos en la estación meteorológica y los sensores de humedad del interior del invernadero, se parametrizarán: los valores para la apertura/cierre de ventanas, el accionamiento de los ventiladores de recirculación y el despliegue de las mallas de sombreo.

Las ventanas se abrirán y cerrarán mediante un servomotor que funciona a 24 V.

Ilustración 91: Sistema de apertura/cierre de ventanas. Fuente: Google Imágenes.

Ilustración 92: Malla de sombreo 90 %. Fuente: Catálogo MARUPLAST.

Ilustración 93: Ventilador de recirculación MULTIFAN. Fuente: Catálogo MARUPLAST.

2.8.3. Sistema de control

El sistema de control de este invernadero estará formado por un equipo de telegestión SKYREG y un PC que recogerá todos los datos de este en el mismo invernadero. Estos dispositivos de *hardware* se integrarán bajo el *software* para agricultura SKYAGRO. La transmisión de datos se realiza UHF y permite controlar y gestionar la automatización del invernadero telemáticamente, sin necesidad de estar presentes en él. También se recibirán alertas y se podrá consultar desde un *smartphone* con su *app* SKYreg.

El *software* y todos estos componentes han sido diseñados por la empresa REGABER, la cual ofrece un servicio de atención al cliente y soporte técnico de muy alta calidad.

Ilustración 94: SKYREG. Fuente: Catálogo REGABER.

Ilustración 95: Esquema de la telegestión de SKYAGRO. Fuente: Catálogo REGABER.

Este sistema cuenta con más de 20 años de experiencia y más de 25 000 unidades instaladas, presta unos servicios muy completos con relativa sencillez y gran operatividad en su arquitectura. Esto hace que sea uno de los sistemas más utilizado en explotaciones agrarias de cualquier tamaño.

2.8.4. Cableado

Todos los cables se llevarán a sus respectivos puntos de forma anexa a la instalación eléctrica, haciendo uso de las rejillas de esta y partiendo desde el SKYREG. Aquellos sensores o actuadores que transmitan su información vía telemática tan solo necesitarán una fuente de alimentación adecuada.

2.8.5. Limpieza de filtros

El equipo de filtros de arena elegido incorpora un sistema automático de limpieza. Este sistema consiste en la presencia de un presostato diferencial, por lo que se activa cuando la presión baja de los 0,5 bar. Se cierra uno de los filtros y se hace circular el agua en sentido contrario durante un período de tiempo. Una vez acabado este tiempo se realiza la misma operación con los otros dos filtros.

2.8.6. Riego automático

El riego en este sistema aeropónico está regulado por unos sensores de humedad relativa situados en las bandejas de cultivo. Cuando la humedad cae por debajo de la necesaria, se abre una electroválvula a la entrada de la mesa que da paso a los aspersores.

Cuando empiezan a activarse los riegos en las mesas, la presión cae en la red de suministro, por lo que, mediante el control de un presostato (presión < 5,5 bar), se activará una de las bombas centrífugas. Si esta sigue cayendo, se activará una segunda bomba (presión < 5,3 bar). Si aun así la presión (< 5,1 bar) continúa siendo demasiado baja, se activará una tercera bomba centrífuga y se dará una señal de alarma.

Se alternará el orden de actuación de las bombas para evitar que la misma bomba se encuentre siempre en la reserva, pudiendo sufrir daños debido a su inactividad. De esta forma, cada vez que se activasen dos bombas, la siguiente se activarían en un orden diferente. Por ejemplo, si en un primer ciclo se activan las bombas 1 y 2, en el siguiente se activarán la 2 y la 3. En un tercer ciclo se activarían la 1 y la 3, siendo utilizadas las tres bombas.

2.8.7. Grado de apertura de las ventanas

Las ventanas se encontrarán en un grado de apertura mayor o menor en función de la velocidad del viento y el diferencial de temperatura entre el exterior y el interior.

Estos datos son recogidos por la estación meteorológica SKYSENSE y serán determinantes en los parámetros del cultivo. Si la temperatura en el interior del cultivo es mayor que en el exterior y excesiva, las ventanas aumentarán su grado de apertura. Si, por el contrario, la temperatura exterior es demasiado elevada y el interior del invernadero está a una temperatura adecuada, el grado de apertura será menor. Este sistema se extrapola

también al diferencial de humedad relativa, pero siempre siendo predominante la temperatura frente a la humedad, ya que los vegetales son más sensibles a este factor.

Si la estación meteorológica registra una velocidad del viento excesiva (> 20 m/s), se procederá al cierre total de ventanas para evitar posibles daños estructurales ante la presencia de un posible temporal.

2.8.8. Recirculación del aire por medio de ventiladores

El accionamiento de los ventiladores de recirculación queda condicionado por la velocidad del viento, la humedad relativa y el diferencial de temperatura.

En caso de que las ventanas se encuentren cerradas y la temperatura en el interior sea superior a los valores determinados por el agricultor, los ventiladores entrarán en funcionamiento.

Si la humedad relativa en el cultivo es demasiado elevada, también actuarán para disiparla.

Sin embargo, si hay viento en el exterior, se evitará hacer uso de los ventiladores a no ser que las ventanas se encuentren cerradas o el diferencial de humedad relativa sea muy pequeño e indique un valor excesivo en el interior del cultivo.

3. PLIEGO DE CONDICIONES

3.1. Introducción al pliego de condiciones

3.1.1. Objetivo del pliego de condiciones

El objetivo del pliego de condiciones es especificar todos los trabajos de los diferentes oficios que se llevan a cabo durante la realización del proyecto.

Además, se incluyen las normativas vigentes que afectan a los operarios de la obra y a la obra en sí, con unos determinados criterios de elección. Se especificarán los materiales empleados para la construcción, así como los medios auxiliares.

Este pliego de condiciones amplia y complementa a otros documentos incluidos en este proyecto.

3.1.2. Condiciones que regirán en la contrata

Serán las del presente pliego, atendiéndose en cualquier caso al «Pliego General de Condiciones Varias de la Edificación» realizado por el Centro Experimental de la Construcción, de la Dirección General de Arquitectura y aprobado por el Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España.

3.1.3. Importancia del pliego de condiciones

El contratista deberá realizar su proposición para poder abarcar y realizar todo lo contenido que se recoge en este pliego de condiciones.

3.2. Definición general de las obras

3.2.1. Autor

El autor de este proyecto es el alumno Pablo Jiménez de la Escuela Politécnica Superior de Linares.

3.2.2. Propietario.

El propietario será el hipotético cliente que encargue este proyecto al alumno Pablo Jiménez.

3.2.3. Objetivo

Este proyecto tiene por objetivo realizar el Trabajo de Fin de Grado para la Escuela Politécnica Superior de Linares. El proyecto consiste en el cálculo y el diseño estructural de un invernadero convencional para la instalación de un sistema de cultivo aeropónico en él.

Las dimensiones de dicho invernadero son de 55 m x 25 m (1375 m^2).

3.2.4. Ubicación de la obra

Se situará en una de las zonas de invernaderos del municipio de El Ejido.

3.2.5. Documentos que definen la obra

Los documentos que definirán la obra son:

- Memoria y sus respectivos anexos.
- Pliego de condiciones.
- Presupuesto.
- Planos.

3.3. Consideraciones generales facultativas

3.3.1. Dirección facultativa

La propiedad nombrará a la dirección facultativa, la cual se encargará del control y la vigilancia de la obra. Esta podrá contar, no obstante, con colaboradores externos que asuman las responsabilidades pertinentes. En ambos casos, la constructora tendrá conocimiento de las personas encargadas antes de la comprobación de replanteo.

3.3.2. Servicio de la dirección facultativa

Además de las facultades propias de la dirección facultativa, será responsable de dirigir y vigilar los trabajos que se realicen. Poseerá autoridad técnica legal, completa e indiscutible sobre todas las personas y las cosas que haya en la obra. Además, podrá incluir, siempre con causa justificada, al contratista en nombre de la propiedad si considera que adoptar esta solución, es útil y necesaria para la debida marcha de la obra. El contratista, a su vez, se designará a sus representantes de obra, los cuales atenderán a todas las observaciones e indicaciones de la dirección facultativa. Asimismo, el contratista facilitará a la dirección facultativa la inspección y la vigilancia de todos los trabajos y proporcionará la información necesaria sobre el incumplimiento de las condiciones del contrato y el ritmo de realización de los trabajos.

3.3.3. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

El contratista no quedará exento de cumplir las fechas previstas de realización de la obra justificándose con la falta de planos u órdenes por parte de la dirección facultativa.

3.3.4. Cambio de director de obra

El contratista deberá designar, al inicio de las obras, a un jefe de obra como representante suyo autorizado. Dicho representante revisará que los trabajos se hayan completado de forma adecuada y estará autorizado para recibir las órdenes de servicios y las instrucciones que emita la dirección facultativa. Si el contratista realizase algún cambio con respecto al jefe de obra tendrá que comunicárselo a la dirección facultativa, quien tendrá que aceptar el relevo.

3.4. Obligaciones y derechos del contratista

3.4.1. Obligaciones y derechos del contratista

El director de obra podrá solicitarle al contratista que realice un control a todos los materiales empleados en la obra, sin que estas revisiones constituyan su recepción definitiva. Asimismo, podrá elegir las muestras, los ensayos y los catálogos certificados a fin de asegurar la calidad de los materiales que se van a utilizar. Si, de acuerdo con el director de obra, el fabricante no cumpliese con las condiciones necesarias antes de que se instalen los materiales, se comprobarán sus características en un laboratorio oficial, en el que se llevarán a cabo las pruebas pertinentes.

3.4.2. Reemisión de solicitud de ofertas

Se solicitan ofertas a las empresas encargadas de la realización de las instalaciones especificadas en el presente proyecto para la dirección facultativa. Por lo tanto, se pondrá a disposición de los ofertantes un ejemplar del proyecto o un resumen con datos suficientes. Si el ofertante lo ve interesante, tendrá que presentar, además de la mencionada, la o las soluciones que recomiende para resolver la instalación. El plazo máximo para la recepción de las ofertas será de un mes.

3.4.3. Presencia del contratista

El propio contratista, o sus representantes o encargados, estará en la obra durante la jornada legal de trabajo y acompañará al ingeniero director, o a su representante, en las visitas que realice a las obras poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que considere necesarios y suministrándole los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones. Asimismo, el jefe de obra se encargará de que se guarde el debido respeto a la dirección facultativa y al personal a su servicio.

3.4.4. Oficina de obra

El contratista habilitará una oficina de obra que disponga de una mesa adecuada para abrir y consultar los planos y en la que siempre tendrá una copia autorizada de todos los documentos del proyecto que le hayan sido facilitados por la dirección facultativa.

3.5. Trabajos, materiales y medios auxiliares

3.5.1. Libro de órdenes

El contratista dispondrá siempre de un libro de órdenes y un visado por el colegio profesional correspondiente tanto en la oficina de la obra como a disposición de la dirección facultativa. El libro recogerá todas las órdenes que la dirección facultativa crea oportunas dar al contratista para que adopte las medidas que puedan afectar a los obreros. La dirección facultativa y el contratista tendrán que firmar dichas órdenes.

3.5.2. Reclamaciones contra la dirección facultativa

El contratista solo podrá presentar las reclamaciones que realice contra las órdenes procedentes de la dirección facultativa si son de índole económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los pliegos de condiciones correspondientes. No se admitirá reclamación alguna contra las disposiciones de orden técnico o facultativo, pudiendo el contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada, dirigida al ingeniero director, el cual podrá limitar obligatorio para este tipo de reclamaciones.

3.5.3. Orden de trabajo

El jefe de obra establecerá el orden que deberán seguir en la ejecución de las distintas partes que componen este proyecto, así como las normas a seguir en lo no regulado en el presente proyecto. Estas órdenes deben comunicarse por escrito al contratista, quien estará obligada a cumplirlo, siendo directamente responsable de cualquier daño o perjuicio que se pueda ocasionar debido a su incumplimiento.

3.5.4. Comienzo de obras

El contratista debe iniciar las obras en los plazos que se indican en el contrato de adjudicación de la obra y desarrollarlas en las formas requeridas para que se completen dentro de los períodos parciales correspondientes y que, en consecuencia, la ejecución total se produzca dentro del término exigido por el contrato.

3.5.5. Finalización de la obra

De acuerdo con el contrato, la finalización total de la obra comenzará a contar a partir de la fecha de replanteo, que no excederá los 7 días a partir de la fecha de la contratación, y finalizará en un término improrrogable de 12 meses contados a partir de la fecha del acta de replanteo. Si, por cualquier razón, no fuese posible comenzar los trabajos en la fecha prevista o estos tuvieran que suspenderse una vez iniciada, el jefe de obra concederá la prórroga que sea estrictamente necesaria.

3.5.6. Condiciones generales de la ejecución de trabajo

Los trabajos se ejecutarán mediante un riguroso seguimiento del proyecto, el cual ha sido aprobado anteriormente.

3.5.7. Obras defectuosas

El contratista deberá emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las Condiciones Generales de Índole Técnica del Pliego de Condiciones de la edificación, y ejecutará todos los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado en este citado documento.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, el contratista es el único responsable de la realización de los trabajos que ha contratado y de las carencias y las anomalías que en estos puedan aparecer por una mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales usados o aparatos colocados, sin que pueda servirle de excusa, ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que el ingeniero director o sus subalternos no le hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre supone que se extiende y abonan a buena cuenta.

Cuando el ingeniero director o su representante en la obra adviertan de defectos en los trabajos efectuados o en los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones requeridas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos o finalizados estos, y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes

defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado y todo ello a expensas de la contrata.

3.5.8. Modificaciones de los documentos del proyecto

Cuando haya que aclarar, interpretar o modificar preceptos de los pliegos de condiciones, o las órdenes y las instrucciones dispuestas en los planos, se comunicarán al contratista por escrito, quien estará, a su vez, obligado a devolver los originales y las copias, subscribiendo con su firma su conocimiento.

3.5.9. Ampliación del proyecto por causas inesperadas de fuerza mayor

Si el contratista no pudiera iniciar las obras, tuviese que suspenderlas o resultase imposible terminarlas en el plazo previsto por algún motivo de fuerza mayor, se le otorgará una prórroga a fin de cumplir la contratación, previo informe de la dirección facultativa.

3.5.10. Obras ocultas

En los trabajos donde haya unidades de obra que tengan que quedar ocultas en la finalización del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidas. Dichos documentos se entregarán por triplicado: uno al propietario, otro a la dirección facultativa y el tercero, al contratista, firmados todos ellos por estos dos últimos.

Estos planos, que tendrán que estar acotados, se considerarán documentos indispensables para ejecutar las medidas.

3.5.11. Vicios ocultos

Si la dirección facultativa tuviese indicios para creer en la existencia de vicios ocultos de construcciones de las obras ejecutadas, ordenará ejecutar, en cualquier momento y antes de la recepción definitiva, las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que supuestamente son defectuosos.

El contratista se hará cargo del coste de las demoliciones y la reconstrucción siempre y cuando se demuestre la existencia de vicios ocultos. En caso contrario, lo hará el propietario.

3.5.12. Características de los materiales y de los aparatos

El contratista es libre de proveerse de materiales y aparatos de todo tipo siempre y cuando reúnan las condiciones del contrato.

3.5.13. Uso de materiales y aparatos

Los materiales y los aparatos tienen que ser examinados y aceptados por la dirección facultativa en los plazos que definen los pliegos antes de su uso y colocación. El contratista tendrá que hacerse cargo de los gastos que ocasionen los ensayos, los análisis, etc.

3.5.14. Materiales no utilizables

El contratista transportará y colocará ordenadamente los materiales procedentes de las excavaciones, las demoliciones, etc., en un lugar de la obra en el que no se dificulte el trabajo que se esté realizando. Cuando esté establecido, se retirarán o se llevarán a emplazamientos de tratamiento de residuos industriales.

3.5.15. Materiales y aparatos defectuosos

Cuando los materiales no fuesen los requeridos, el ingeniero director dará orden al contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas por los pliegos o, a falta de estas, a las órdenes del ingeniero director de la obra.

El ingeniero director, podrá, si las circunstancias o el estado de la obra lo aconsejan, permitir el empleo de aquellos materiales defectuosos que mejor le parezcan o aceptar o imponer el empleo de otros de superior calidad a la indicada en los pliegos, si no le fuese posible al contratista suministrarlos de la requerida en ellos, descontándose en el primer caso la diferencia de precio del material requerido al defectuoso empleado, y no teniendo derecho el contratista a indemnización alguna en el segundo caso.

No obstante, el contratista podrá recurrir ante la propiedad cuando, a su juicio, la orden sea injusta.

3.5.16. Medios auxiliares

El contratista proporcionará los andamios, las máquinas y los demás medios auxiliares que considere oportunos para la puesta en marcha del trabajo. Siempre que no se haya estipulado lo contrario en las condiciones particulares de la obra, quedarán a beneficio del contratista sin que este puede hacer reclamación alguna en la insuficiencia de los medios cuando estos estén detallados en el presupuesto.

En cualquier caso, todos estos medios auxiliares quedarán en propiedad del contratista al término de la obra, pero no podrá reclamar en caso de que hayan sufrido algún tipo de desperfecto debido al uso.

3.5.17. Medidas de seguridad

El contratista deberá atenerse a las disposiciones vigentes sobre seguridad e higiene en el trabajo, tanto en lo que respecta al personal de la obra, como a terceros.

Además, se ceñirá a la señalización establecida en el desarrollo de la obra y durante su explotación, haciendo referencia tanto a los peligros existentes como a las limitaciones de las estructuras.

Cuando existan, se utilizarán las señales correspondientes que haya establecido el Ministerio competente o, en su defecto, los departamentos nacionales u organismos internacionales.

3.6. Maquinaria

3.6.1. Características de la maquinaria

Las máquinas que se utilizarán en la obra serán las apropiadas a los trabajos a realizar y no se podrán emplear para cumplir ningún otro uso más que el establecido por el fabricante.

3.6.2. Manejo

Los trabajadores que vayan a hacer uso de las maquinarias tendrán que estar cualificados para ello.

3.6.3. Certificados

Las máquinas dispondrán de un certificado en el que se indiquen los siguientes datos:

- Nombre del fabricante.
- Año de fabricación o suministro.
- Tipo y n. º de fabricación.
- Potencia.
- Código de homologación.

Además, la máquina tiene que disponer del certificado de montaje y prueba, el certificado de revisión anual y el manual de instrucciones editado por el fabricante, en el que figurarán las características técnicas, condiciones de instalaciones, uso y mantenimiento, y las normas de seguridad.

3.6.4. Normas de aplicación

La maquinaria que se empleará en la obra debe cumplir todas las normas y disposiciones que le sean aplicables.

3.6.5. Mantenimiento y conservación

Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento y conservación tienen que ser realizados por personal especializado, y estos tienen que estar cualificado para ello.

Hay que llevar a cabo revisiones, mantenimiento y conservación, según las instrucciones del fabricante, o de acuerdo con las disposiciones vigentes.

Es obligatorio disponer de un libro de mantenimiento, en el cual se registrarán los datos relativos a revisiones efectuadas, incidencias observadas, reparaciones, instalación, etc.

3.7. Medios auxiliares

3.7.1. Plataformas de trabajo

Las plataformas metálicas deben tener una resistencia suficiente respecto al esfuerzo al que se someten en cualquier circunstancia y deberán estar protegidas contra la corrosión de forma adecuada.

Las plataformas de madera no presentarán nudos ni grietas y los tablones deberán cumplir una serie de características: deben tener un mínimo de 5 centímetros de grosor, deben estar trabados entre sí y disponerse de forma que no dejen agujeros.

3.7.2. Andamios

Antes de usar los andamios, se debe realizar una inspección de las plataformas, las barandillas, los apoyo, etc. Dichas inspecciones debe realizarlas una persona cualificada para ello.

Las dimensiones y las características de las piezas y los elementos auxiliares serán las necesarias para soportar las cargas de trabajo a las cuales estarán sometidas.

A continuación, se definen algunos de los andamios que se emplearán:

- **Andamios colgados**

Serán vigas de acero o de hormigón armado, con la sección y características suficientes para soportar los esfuerzos a los que van a estar sometidos. Si se hacen servir vigas de madera, se dispondrán tablones parejos colocados de canto y con un espesor mínimo de 5 cm, sin nudos ni grietas. El elemento de anclado estará dispuesto de modo cruzado y perpendicular a los nervios del forjado. No está permitido el uso de sacos ni bidones llenos de tierra, gravas u otros materiales. Los cables o cuerdas portantes serán resistentes a los esfuerzos a soportar y estarán en perfectas condiciones en todo momento.

- **Andamios metálicos tubulares**

El número de perfiles que constituye el andamio, su sección, características, disposiciones y separación, así como las piezas de unión entre perfiles, riostras, anclados a fachadas y apoyos sobre el terreno, se determinarán de modo que quede asegurada la estabilidad y la seguridad del conjunto.

Los apoyos en el terreno se efectuarán sobre zonas carentes de puntos débiles, por lo que se emplearán bases de hormigón para que así repartan las cargas uniformemente y mantengan la horizontalidad de las plataformas de trabajo. Se dispondrá de un número suficiente de juntas de anclaje a fin de conseguir la estabilidad y la seguridad del conjunto, distribuyendo para cada cuerpo de andamio y cada planta de la obra. El piso de los andamios se sujetará a los tubos o los perfiles metálicos mediante abrazaderas o piezas similares, de modo que se impida la oscilación. El apriete de las mordazas será uniforme, de modo que no ningún tornillo quede holgado. El apoyo de los extremos de los tubos o los perfiles metálicos en zonas resistentes se hará con la interposición de una base con taladros, para pasar las puntas o tornillos de sujeción con apoyos. No se podrán dejar plataformas sueltas y sujetas a los tubos por su propio peso, habiendo de hacerse servir contravientos apropiados en el sentido longitudinal y transversal. Todos los elementos metálicos tendrán que estar protegidos contra oxidación, tomando las medidas oportunas para su conservación. El montaje y mantenimiento del andamio tendrá que realizarlo personal especializado, el cual debe seguir las instrucciones del fabricante.

- **Andamios de borriquete**

No se podrán utilizar sin riostras si la altura supera los 3 m. La altura máxima permitida será de 6 m. Se utilizarán borriquetes armados de bastidores móviles con riostra en toda altura comprendida entre los 3 y los 6 m. Al menos deberá estar apoyada una tercera parte de los tablones que constituyen el piso del andamio, en el peor de los casos, cada 2,5 m de longitud.

3.8. Mano de obra

En este apartado, se hará referencia a los operarios que trabajan en la obra, tanto de forma directa como indirecta.

3.8.1. Calificación de los operarios

La dirección facultativa puede rechazar la ejecución de la obra si, durante el proceso de ejecución, se encuentran deficiencias o anomalías constructivas imputables a la ausencia de calificación requerida por los operarios ejecutores.

Los operarios que actúen de forma directa en la ejecución de las unidades de obra deberán estar cualificados y capacitados profesionalmente para realizar, con las prescripciones de ejecución establecidas y con las instrucciones recibidas, los trabajos propios del oficio o especialidad a que se refiera cada unidad de obra.

La cualificación de los operarios se basará en función de:

- Interpretación de las instrucciones gráficas, las medidas y las cotas.
- Uso de las herramientas adecuadas, niveles y plomos.
- Trazado de ángulos y alineaciones.
- Colocación de tirantes, miras y reglas.
- Aplicación, distribución y ordenación de los elementos constructivos de la unidad de obra, de acuerdo con los despieces, trazados y disposiciones constructivas establecidas.
- Montaje de los medios auxiliares necesarios para la ejecución de la unidad de obra.

Los operarios que manejen o conduzcan las máquinas de producción tendrán que estar debidamente calificados y autorizados para la utilización de dicha máquina.

3.8.2. Acreditación

La dirección facultativa puede pedirle al contratista la acreditación de la especialización o cualificación de los operarios que participen en la obra.

La categoría profesional, oficio o especialización se acreditará mediante experiencia contrastada, formación profesional, carné o autorización, según el oficio de que se trate.

3.9. Jefes de obra, encargados y capataces

Estos serán los encargados de realizar las labores de control, organización, distribución de tareas, vigilancia, comprobación y otros.

3.9.1. Calificación en la obra

El constructor debe disponer en la obra de una persona que tenga los conocimientos, la calificación, la capacitación y las atribuciones suficientes para desarrollar correctamente las siguientes funciones:

- Interpretar los planos, tanto de conjunto como de detalle.
- Interpretar las definiciones, las descripciones y las prescripciones de cualquiera de los documentos que conforman el proyecto.
- Realizar los replanteos, tanto generales como parciales.
- Transmitir las instrucciones pertinentes que afectan al proyecto.
- Transmitir e interpretar las órdenes y las instrucciones emitidas por la dirección facultativa.
- Instruir a los operarios sobre la ejecución de las distintas unidades de obra.
- Interpretar las medidas adoptadas, en los documentos y normas correspondientes y las órdenes recibidas al respecto sobre salud, seguridad e higiene laboral, así como transmitir a los trabajadores las instrucciones pertinentes sobre dicha materia.
- Organizar la ejecución de la obra y representar al contratista.

3.10. Productos

3.10.1. Procedencia y características

Los productos que se vayan a usar en la obra están obligados a cumplir las características cualitativas y cuantitativas prescritas para los mismos, pudiendo el contratista utilizar las marcas, modelos o denominaciones comerciales que crea conveniente, siempre que reúnan tales características y hayan sido previamente aprobados por la dirección facultativa.

Las tolerancias especificadas en las prescripciones establecen los límites a partir de las que la dirección facultativa podrá tomar la decisión de rechazo. Cuando no se especifique una tolerancia concreta para una determinada característica, se entenderá que, de no cumplir la misma, el producto en cuestión podrá ser rechazado.

3.10.2. Normativa de aplicación

Cualquier material que se utilice en la obra deberá cumplir las normas relacionadas en las prescripciones correspondientes a cada uno de ellos.

3.10.3. Conservación, manipulación y almacenaje

Deben de realizarse los cuidados y las protecciones requeridas, cogiendo las medidas correspondientes y siguiendo las instrucciones del suministrador para mantener y conservar las condiciones de recepción exigidas a los productos, hasta su incorporación en las unidades de obra, a cuyos efectos, el contratista deberá instalar en la obra los espacios y almacenes precisos para asegurar la conservación de los materiales, siguiendo las prescripciones establecidas y las instrucciones recibidas por la dirección facultativa.

La colocación y manipulación a la que deben estar sometidos los productos en las operaciones de carga, descarga y apilado o almacenamiento, y en los movimientos y transportes desde los lugares de acopio hasta los de aplicación, se realizarán de forma que no alteren sus condiciones.

3.11. Unidades de obra

3.11.1. Descripción y componentes

Los componentes y las características cualitativas y cuantitativas para cada unidad de obra serán las descritas en las prescripciones correspondientes, complementadas y completadas, en cualquier caso, con lo definido en la descripción de los precios unitarios y con lo especificado en los planos de conjunto y detalle, entendiendo que todos los materiales que sean necesarios para la correcta ejecución y acabado de cualquier unidad de obra, y que se encuentren comprendidos en los conceptos de material complementario y piezas especiales o pequeño material, se considerarán incluidos en la misma, aunque no sean mencionados de forma expresa en la descripción y relación de componentes.

3.11.2. Requisitos previos

Los requisitos previos exigidos para cada unidad de obra en las prescripciones especificadas correspondientes, con carácter general, antes de iniciar la ejecución de cualquier unidad de obra, se cumplirán los siguientes puntos:

- Los lugares de trabajo deberán estar limpios y libres de restos.
- Se dispondrá de toda la información que pueda afectar a la ejecución.
- Se instalarán los medios auxiliares que sean necesarios.
- Se habrán ejecutado las unidades de obra requeridas, según el proceso constructivo.
- No se podrá dar comienzo a los trabajos si existen condiciones meteorológicas adversas que puedan afectar a su ejecución.

3.11.3. Prescripciones de ejecución

La ejecución de las unidades de obra se realizará de acuerdo con las órdenes, las instrucciones y las prescripciones establecidas por la dirección facultativa, como las normas tradicionales de buena construcción y las normas aplicables relacionadas.

Las disposiciones constructivas, las formas, los trazados, las dimensiones, los despieces y los emplazamientos de las distintas unidades y partes de obra se especificarán en los planos de conjunto y detalle.

La instalación, el montaje y la puesta en obra de los productos que deben quedar integrados a la unidad de obra se realizará de modo que sus características no se vean alteradas.

La mano de obra deberá estar calificada para realizar los trabajos en que intervengan. Se suspenderán los trabajos si hay condiciones climatológicas adversas y/o desfavorables que puedan afectar a las características.

Una vez finalizada la ejecución de cualquier unidad de obra, no presentará defectos, manchas, deterioros o irregularidades y deberá presentar las dimensiones especificadas en los planos, así como cumplir con las funciones para las que se destinen.

Asimismo, el lugar deberá quedar limpio, por lo que se retirarán las ruinas, los materiales sobrantes, los restos, los equipos de herramientas y los medios auxiliares utilizados, a no ser que resulte imprescindible mantener algunos de estos últimos.

3.12. Pruebas, controles y ensayos

La dirección facultativa podrá llevar a cabo, por sí misma, o con la colaboración de entidades acreditadas en las áreas correspondientes, los ensayos, los controles, las pruebas de materiales y unidades de obra que estime pertinente, debiendo el contratista facilitar dichos cometidos, proporcionando los medios materiales que sean necesarios para su desarrollo, tales como medios auxiliares, productos, energía y agua.

El contratista podrá realizar, bajo su criterio, los autocontroles que estime pertinentes, debiendo dar conocimiento, en su caso, a la dirección facultativa de la planificación prevista a tal efecto.

En los controles a efectuar, el error máximo admitido por los procedimientos de medida será inferior al 50 % de la tolerancia establecida.

La dirección facultativa podrá aceptar los productos, la mano de obra y las unidades de obra sin someterlos a ensayos u otros controles, siempre que cumplan los certificados pertinentes.

Los documentos de garantía serán:

- Certificación de conformidad con la norma. Se podrán admitir los expedidos por organismos de certificación legalmente autorizados de acuerdo con el RD 2200/1995.
- Declaración del suministrador. Se podrán admitir los presentados según el especificado en la norma UNE 66514-91
- Certificación de ensayo. Se podrán admitir los presentados por un laboratorio oficialmente reconocido, propio o ajeno al suministrador, expedido según norma UNE 66803-89.

Documentos de aptitud de operadores, instaladores y aplicadores:

- Licencias y certificados de competencia. Se podrán admitir los documentos de aptitud personal y en período de vigencia, emitidos por organismos oficialmente reconocidos.
- Reconocimiento de instalador o aplicador. Se podrán admitir los documentos emitidos por el fabricante sobre un determinado proceso o elemento constructivo a favor de una organización o persona física, aceptados por esta.

3.13. Recepción de la obra

Si en la recepción de la obra se detectasen unidades de obra no ejecutadas de acuerdo con el proyecto, la dirección facultativa podrá rechazar las obras y ordenar las correcciones oportunas.

El contratista deberá entregar la obra limpia y libre de escombros, materiales, residuos, maquinaria e instalaciones, medios auxiliares y construcciones provisionales. Asimismo, el contratista deberá entregar:

- Los manuales de uso, las instrucciones, la conservación, el mantenimiento y las garantías, si es que las hubiese, de los equipos, los aparatos y las máquinas que se han instalado.
- Los permisos y las autorizaciones para el uso y puesta en servicio de las instalaciones que los requieran.
- Cualquier otra documentación o exigencia que venga impuesta por las condiciones y acuerdos contractuales.
- La relación de suministradores y subcontratas que han intervenido en la obra.

3.14. Criterios de mediciones

3.14.1. Normas generales

Al efectuar las mediciones de la obra, se tomarán las dimensiones de lo realmente ejecutado.

En cualquier caso, cuando para determinadas unidades de obra se establece el criterio de medición sobre dimensiones teóricas de planos, se tomarán las mismas, salvo que sean mayores que las de la obra realmente ejecutada. No se considerarán los excesos de medición que se originen por irregularidades o errores de ejecución, obras defectuosas o para refuerzo de estas.

El contratista deberá avisar a la dirección facultativa, y con la antelación suficiente, de las dimensiones y las características que más tarde quedarán ocultas, a fin de que esta pueda realizar la toma de datos y las correspondientes mediciones.

Cuando la empresa constructora proponga la ejecución de cualquier unidad de obra, con unas dimensiones mayores a las que se fijaron inicialmente en el proyecto, a la dirección facultativa, esta lo considerará y, si es aceptable, se efectuará la medición de las partidas en cuestión, en función de las dimensiones del proyecto.

3.14.2. Formas de medir

Las unidades de medida a adoptar y los criterios a seguir para la medición de las distintas unidades de obra serán las que figuren en las prescripciones correspondientes a cada una de ellas.

3.14.3. Acondicionamiento del terreno

- **Medido en perfil natural**

La medición hace referencia al estado del terreno antes de que se realice la excavación. Para ello, se tomarán las dimensiones de longitud, latitud y altura fijadas en los planos, excepto en el caso de dimensiones en obras menores que en planos, donde se tomarán las de la obra. No se considerarán los excesos que, en relación con las cotas aludidas, se pudieran producir por el desarrollo normal de los trabajos o ejecuciones defectuosas. Sin embargo, se tendrán en cuenta las variaciones producidas en obras por órdenes de la dirección facultativa.

- **Medido en perfil compactado**

La medición hace referencia al estado del terreno una vez que se ha finalizado el proceso de compactación. Las consideraciones para hacerla se indicarán para las excavaciones.

- **Medida de la superficie en verdadera magnitud**

La medición hace referencia a las superficies reales que resultan una vez que se ha compactado o explanado el terreno.

- **Medida en perfil esponjado**

La medición hace referencia al estado de las tierras una vez extraídas. Para ello, el volumen de tierras a transportar se obtendrá al aplicar el porcentaje de esponjamiento medio que proceda en función de las características del terreno.

- **Medida de la superficie de entibación útil**

La medición hace referencia a la superficie que resulte de considerar las dimensiones de los parámetros a entibar; es decir, a las caras de tierras protegidas.

3.14.4. Cimentaciones

- **Medida en peso nominal**

Según los kilogramos que resulten de aplicar a las longitudes de barras los pesos nominales que, según el diámetro y tipo de acero, figuren en tablas. Los solapes de unas barras con otras habrán de ser considerados al efectuar la medición, según las longitudes de los mismos que figuran en los planos.

- **Medida la superficie ejecutada hasta la coronación después del saneamiento**

La medición hace referencia a la superficie resultante de multiplicar la longitud ejecutada por la altura determinada por la base del muro y su cara superior de coronación, una vez ejecutada la demolición y el saneamiento correspondiente.

- **Medida la superficie de encofrado útil**

La medición hace referencia a las partes de las caras de encofrados en contacto con el hormigón.

- **Medida el volumen teórico ejecutado**

La medición hace referencia al volumen que resulte de considerar las dimensiones especificadas en los planos independientemente de si las dimensiones de las piezas de hormigón hubieran quedado mayores.

- **Medida la superficie ejecutada**

La medición hace referencia a la superficie realmente ejecutada de acuerdo con los planos.

3.14.5. Saneamiento

- **Medida la unidad ejecutada**

La medición hace referencia a la que resulta de cuantificar el número de unidades de obra una vez ejecutadas.

- **Medida la longitud ejecutada**

La medición hace referencia a la longitud real considerando los tramos verticales ocupados por piezas especiales.

- **Medida entre ejes de arquetas**

La medición hace referencia a la longitud real de cada ramal de la red desde eje a eje de arquetas.

3.14.6. Estructuras

- **Medida de fuera a fuera deduciendo huecos mayores de 1 m²**

Se efectuará la medición de cara exterior a cara exterior de los elementos delimitadores de cada forjado en ambos sentidos (jácenas, muros de carga, zunchos, etc.) descontando solamente los huecos o pasos de forjados que tengan una superficie mayor de 1 m². En los casos de dos crujías formadas por forjados diferentes, objeto de precios unitarios distintos, que apoyen o se empotren en una jácena o muro de carga común a ambas crujías, cada una de las partidas de forjado se medirá desde fuera o cara exterior de los elementos delimitadores al eje de la jácena o muro de carga común.

- **Medida del volumen teórico ejecutado**

Se medirá de acuerdo con lo establecido en el apartado de cimentación.

- **Medida de la superficie de encofrado útil**

Se medirá de acuerdo con lo establecido en el apartado de cimentación.

- **Medido en peso nominal**

Se medirá de acuerdo con lo establecido en el apartado de cimentación, aplicándose, para el caso de perfiles normalizados, iguales criterios que para las barras de acero.

3.14.7. Albañilería

- **Medición deduciendo huecos mayores de 3 m²**

Se medirá descontando únicamente aquellos huecos cuya superficie sea de 3 m², lo que significa que se medirán como partidas independientes: la formación de dinteles, la formación de mochetas, los recibos de cercos; según se trate, de los huecos que hayan de deducirse y que se medirá a cinta corrida, es decir, como si no existieran huecos, las superficies ocupadas por huecos, de superficie igual o menor de 3 m². Por lo que, en compensación, no se medirán las partidas referidas que correspondan a estos huecos.

A los efectos anteriores, se entenderá como hueco cuando el mismo tiene mochetas y dintel para puerta o ventana. Por lo que, de tratarse de un vacío en la fábrica sin dintel, antepecho ni carpintería se deducirá siempre el mismo, al medir la fábrica, sea cual fuere su superficie. No se deducirán, en ningún caso, las zonas ocupadas por cobijados de cámaras de aire, capialzados de persianas, mochetas y dinteles, es decir, sólo se considerarán las dimensiones de los huecos del invernadero previstos para la carpintería, cuando hayan de descontarse de éstos. En los casos de intersecciones de fábricas, con cerramientos de fachadas con pilares, resueltas con empachados de las caras exteriores de los pilares, la fábrica del cerramiento se medirá corrida, por delante de los pilares y, en compensación, no se medirán los empachos referidos. En el supuesto de cerramientos de fachadas formados por fábrica exterior, cámaras de aire y hoja interior de trasdosado, donde las dos hojas, en lugar de apoyar directamente en el forjado, apoyen en una o dos hiladas de regularización que abarquen todo el espesor del cerramiento, al efectuar la medición de las partidas

correspondientes a cada hoja se tomará la cota de altura desde el forjado, y en compensación, no se medirán las hiladas de regularización.

- **Medición a cinta corrida**

Se medirán los parámetros verticales de cerramientos o particiones como si no existieran huecos, por lo que, al no deducir ningún hueco, en compensación de medir hueco por macizo, no se medirán las partidas de dintel, mochetas y recibidos de cercos o precercos, tanto de los huecos exteriores como interiores. La medición correspondiente a forrados interiores de bajantes, conductos de ventilación, pilares u otros elementos análogos y de faldones o repisas de bañeras, en su caso, se incluirán en la medición de las partidas de particiones interiores de que se trate (citara, tabicón, tabique, etc.).

- **Medición en proyección horizontal de fuera a fuera**

Se efectuará la medición de los distintos planos horizontales; obtenidos mediante la proyección de los puntos delimitadores de la cubierta o elemento de que se trate, según la planta de forjado, tomando las cotas de cara exterior a cara exterior de elementos tales como hastíales, aun cuando no formen parte de las formaciones de pendientes y se consideren como objeto de otras partidas independientes. No se considerarán los vuelos de los elementos de cubrición, en los aleros, sobre el forjado o elementos donde apoye la formación de pendientes. Se deducirán los huecos o pasos cuya superficie sea superior a 1 m².

- **Medición según la arista de la intersección entre huella y tabica**

Por cada peldaño se medirá la longitud correspondiente a dicha intersección.

- **Medición de la longitud ejecutada**

Se medirá la longitud realizada. En el caso de dinteles corresponderá al ancho del agujero más las entregas en los apoyos.

- **Medición según la luz libre del hueco**

La medición se realizará considerando el ancho del hueco del invernadero.

- **Medición según la altura libre del hueco**

Medición, por cada mocheta de agujero, de la altura del mismo, según la medición de carpintería.

- **Medición de la carpintería**

Se medirá la superficie que resulte de tomar las dimensiones de fuera a fuera del cerco, de la carpintería a recibir.

- **Medición en verdadera magnitud**

Se medirá según las dimensiones de los planos horizontales o inclinados que resulten, siguiendo las líneas de máxima pendiente y deduciendo todos los agujeros.

- **Medición de la superficie ejecutada**

Se ejecutará la medición de la superficie realmente ejecutada, según los planos, lo que implica deducir todos los huecos o zonas no ejecutadas.

1.14.8. Cubiertas

- **Medición en proyección horizontal deduciendo los huecos mayores de 1 m²**

Se medirán los distintos planos horizontales que delimiten los faldones, comprendidos entre caras inferiores de pretiles y líneas exteriores de bordes libres, descontando los agujeros y elementos que sobresalgan de la cubierta, la superficie de la que será mayor de 1 m².

En el supuesto de vertido de faldones o canalones, se deducirá la superficie ocupada por dichos elementos.

- **Medición en verdadera magnitud deduciendo huecos mayores de 1 m²**

Se medirá la superficie inclinada los faldones descontando los huecos y elementos que sobresalgan de la cubierta, cuya superficie sea mayor de 1 m². Se efectuará la medición desde las líneas exteriores de bordes libres y aleros, hasta las líneas de intersección de faldones.

3.14.9. Instalaciones

- **Medición de la longitud ejecutada**

Medición según el desarrollo longitudinal resultante, considerando, en su caso, los tramos ocupados por piezas especiales.

- **Medición de la unidad ejecutada**

La medición se efectuará cuantificando el número de unidades ejecutadas. Se medirá la superficie desarrollada, las curvas por el radio mayor y las reducciones según la sección mayor.

3.14.10. Aislamientos

- **Medición de la superficie ejecutada**

Se medirá la superficie realmente ejecutada, una vez deducidas todas las superficies en las que no se disponga de aislamiento. Las posibles vueltas de los aislamientos en los encuentros se medirán en su verdadero desarrollo.

- **Medición de la superficie ejecutada en proyección horizontal**

Se efectuará la medición de los distintos planos en proyección horizontal deduciéndose todas las superficies donde no se disponga de aislamiento.

- **Medición de la superficie ejecutada por su desarrollo**

Medición según el desarrollo de la superficie real ejecutada.

- **Medición de la longitud ejecutada**

Medición según desarrollo longitudinal real ejecutado.

- **Medición del volumen teórico lleno**

Será el volumen resultante de considerar las dimensiones especificadas en planos de los espacios rellenos.

3.14.11. Revestimientos

- **Medición de la superficie ejecutada**

Se medirá la superficie ejecutada, una vez deducidas todas las superficies en las que no se disponga de revestimiento. Las piezas intermedias o de remates dispuestas en los revestimientos podrán ser objeto de medición independiente en las partidas correspondientes, y se deducirá la superficie ocupada por dichos elementos al medir los revestimientos de que se trate.

Deducción de huecos mayores de 0,25 m²: Se medirá la superficie ejecutada, una vez deducidas las superficies no revestidas mayores de 0,25 m². En compensación, no se medirán los posibles recercados los agujeros no considerados.

Deducción de huecos mayores de 0,50 m²: Se medirá la superficie ejecutada, una vez deducidas las superficies no revestidas mayores de 0,50 m². En compensación no se medirán los posibles recercados los huecos no deducidos.

- **Medición de cinta corrida**

Se efectuará la medición sin deducir ningún hueco, compensado con ello los revestimientos de mochetas, fondos de dinteles y ejecución de aristados, midiendo desde las líneas donde empiece el enfoscado. En los casos de vacíos practicados en las paredes de suelo a techo, se deducirán los mismos y se incluirán en la medición de la partida el posible revestimiento de las mochetas, pilares aislados, etc.

- **Medición a cinta corrida con desarrollo de vigas**

Medida sin descontar ningún agujero y considerando los resaltes o cuelgues de vigas por su desarrollo, midiendo desde las líneas donde empieza el revestimiento.

- **Medición de la longitud ejecutada**

Se medirá la longitud ejecutada, una vez deducidas las longitudes no revestidas.

- **Medición según la anchura libre del hueco**

La medición se realizará tomando el ancho del hueco entre mochetas.

- **Medición de la unidad ejecutada**

La medición se efectuará cuantificando el número de unidades ejecutadas.

3.14.12. Carpintería y elementos de seguridad y protección

- **Medición de fuera a fuera del cerco**

Se medirá la superficie de fuera a fuera del cerco.

- **Medición de fuera a fuera del precerco**

Se medirá la superficie de fuera a fuera del precerco.

- **Medida de fuera a fuera**

Sedición según las dimensiones del rectángulo capaz mínimo en el que se pueda inscribir la proyección de la reja.

- **Medida de la longitud ejecutada**

Según el desarrollo longitudinal resultante.

- **Medida según la superficie del hueco**

Se efectuará la medición tomando las dimensiones del hueco de fábrica.

3.14.13. Elaborados sintéticos y vidrio

- **Medición de la superficie acristalada en múltiplos de 30 mm**

Significa medir cada pieza de vidrio con sus medidas reales, redondeando por exceso a múltiplos de 30 mm. Cuando se trate de piezas de formas no rectangulares, se medirán según las dimensiones del rectángulo capaz mínimo en el que se pueda inscribir la pieza a medir, redondeando a partir de dichas dimensiones.

- **Medición de la superficie acristalada en múltiplos de 25 cm en longitud y 10 cm en anchura**

Medición pieza a pieza con sus medidas reales, redondeadas por exceso, con la longitud en múltiplos de 25 cm y ancho a múltiples de 10 cm. Para piezas no rectangulares se seguirá el criterio marcado anteriormente.

- **Medición de la superficie acristalada en múltiplos de 25 cm en longitud y 26 cm en anchura**

Se medirá cada pieza con sus medidas reales, redondeadas por exceso, con la longitud en múltiplos de 25 cm y ancho en múltiples de 26 cm.

- **Medición de la superficie total ejecutada, comprendida entre los elementos de sustentación**

Se efectuará la medición de la superficie realmente ejecutada, entre caras exteriores de los elementos de sustentación, según planos, lo que significa deducir todos los huecos y espacios no acristalados.

- **Medición de la superficie ejecutada según dimensiones normalizadas**

Medición según las dimensiones de las hojas normalizadas.

- **Medición de la superficie empapelada**

Medición de la superficie realmente ejecutada.

- **Medición de la superficie ejecutada**

Medición de la superficie realmente ejecutada.

3.14.14. Pintura

- **Medición de la superficie ejecutada**

Se medirá lo realmente ejecutado, según planos, lo que implica deducir todos los huecos o zonas no pintadas e incluyendo las superficies de mochetas y fondos de dinteles que vayan tratados de igual forma.

- **Medición a cinta corrida**

Se medirá sin deducir ningún hueco, compensando la pintura de mochetas y fondos de dinteles, en su caso.

- **Medición a dos caras**

Significa duplicar la medición de las partidas de carpintería correspondientes, siempre que ambas caras vayan tratadas con la misma pintura. En caso contrario, se medirá a una sola cara cada partida diferente.

- **Medición de dos caras de fuera a fuera del tapajuntas**

Se multiplicará por dos la superficie de una cara, medida de fuera a fuera del tapajuntas, siempre que las dos caras vayan tratadas de forma igual, ya que, en caso contrario, se medirá una sola cara. En el caso de pinturas de capialzados de persianas sólo se considerará la superficie pintada de los mismos.

- **Medición a tres caras**

Se efectuará la medición multiplicando por tres las superficies medidos a una sola cara, de fuera a fuera de los elementos de cerrajería correspondientes.

- **Medición a cinta corrida descontando huecos mayores de 1 m²**

Solo se deducirán los agujeros la superficie de los que sea mayor de 1 m². Se medirán en cinta corrida los de superficie igual o menor a la indicada.

- **Medición en peso nominal de los elementos estructurales pintados**

Igual medición que los elementos estructurales que se hayan pintado, siguiendo el criterio marcado para medir estos.

4. PRESUPUESTO

4.1. Mediciones

DATOS					
CAPÍTULO 1. MOVIMIENTO DE TIERRA	**largo**	**ancho**	**alto**	**ud.**	**Total**
Limpieza y desbroce m^3	55	25	0,2	1	935,55
Zapatas m^3	2	2	0,95	47	47
Transporte de tierra distancia mayor de 5 km, m^3				453,6	453,6

CAPÍTULO 2. CIMENTACIÓN	**largo**	**ancho**	**alto**	**ud.**	**Total**
Capa de hormigón de limpieza HM20/B/40/I, m^3	2	2	0,01	47	1,88
Hormigón en zapatas HA-30, m^3	2	2	0,94	47	176,72
Hormigón armado (HA-25/Yc=1,5 de solera de 20 cm con doble mallazo (acero B-400-S/Ys=1,15) de 6 mm de diámetro y 15 x 15 cm	55	25	0,2	1	275

CAPÍTULO 3. SANEAMIENTOS	**largo**	**ancho**	**alto**	**ud.**	**Total**
Arqueta general, ud.	60	60	60	1	1
Sumideros calzada, ud.	40	40	50	8	8
Arqueta sinfónica, ud.				1	1
Arquetas interiores, ud.	2 500	40	50	112	112
Colector enterrado PVC 90 mm, m				300	280
Colector enterrado PVC 110 mm, m				45	40
Sumidero sala de bombas, ud.	40	40	50	2	2
Colector enterrado PVC 125 mm, m				5	5

CAPÍTULO 4. ESTRUCTURA	**largo**	**ancho**	**kg/m**	**ud.**	**Total**
HEA 100	4		16,7	10	668
IPE 220	5		26,2	8	1048
IPE 220	4,74		26,2	44	5 464,272
IPE 80	2,12		26,2	44	2 443,936
IPE 100	2		6	44	528
IPE 100	1		8,1	44	356,4
IPE 100	2,37		8,1	44	844,668
HEA 180	4		35,5	19	2698
HEA 200	4		42,3	18	3 045,6
IPE 240	5		30,7	36	5526
HEA 140	5		24,7	40	4940
ROND 140	6,4		121	8	6195,2
ROND 140	6,89		121	16	13 339,04

ROND 140	5,43		121	16	10 512,48
Placa de anclaje 1				10	10
Placa de anclaje 2				37	37
Correas ZF 160 x 2,5	50		5,76	8	2 304

CAPÍTULO 5. CUBIERTA	largo	ancho	alto	ud.	Total
Policarbonato compacto 120 mm, m^2				1 372	1 372

CAPÍTULO 6. CERRAMIENTOS	largo	ancho	alto	ud.	Total
Cerramientos exteriores policarbonato compacto 120 mm, m^2				740	740
Tabiques interiores policarbonato compacto 120 mm, m^2				175	175

CAPÍTULO 7. INSTALACIÓN ELÉCTRICA	largo	ancho	alto	ud.	Total
Armario metálico con puerta transparente para cuadro general, en montaje superficial; incluso montaje, toma de tierra, cableado, conexionado, pequeño material, rotulación y ayudas de albañilería. construido según r.e.b.t. medida la unidad instalada, ud.				1	1
Canalizaciones de conductores en bandeja de rejilla, m	250				250
Interruptores diferenciales tetrapolar de 25 A-300 mA, ud.				8	8
Interruptores diferenciales tetrapolares de 40 A-300 mA, ud.				4	4
Protecciones magnetotérmicas, con interruptores tetrapolares de 10 A, ud.				8	8
Protecciones magnetotérmicas con Interruptores tetrapolares de 32 A, ud.				4	4
Línea principal de tierra con conductor de cobre desnudo de 35 mm^2 de sección que enlazará con la red de tierra general del edificio o, en su defecto, se conectará directamente el Cuadro General de Mando y Protección directamente a tierra mediante conductor de cobre desnudo de 35 mm^2 de sección, m	250				250
Luminarias TCS 160 4 x TLD18W HF L1 18 W, ud.				8	8
Iluminación de emergencia C3 LED 500 lúmenes, ud.				5	5
Iluminación de emergencia URA34 LED 70 lúmenes, ud.				8	8
Iluminación de emergencia G5 LED 90 lúmenes, ud.				8	8
Grupo electrógeno AY-1500-30 DA TX diésel 30 kW, ud.				1	1
Cable para líneas, m	600				600

CAPÍTULO 8. CARPINTERIA INTERIOR	largo	ancho	alto	ud.	Total
Puerta de 4,6 m de anchura y 4 m de altura, de hojas basculantes formada por cerco de perfil tubular laminado en frío con garras de fijación, hojas con			4	1	18,4

estructura de perfiles de iguales características, empaneladas por una cara con chapa plegada de 0,8 mm, galvanizada y prelacada por inmersión, ud.					
Puertas de acceso a almacén, semillero y sala de bombas con perfil tubular y batiente industrial, ud.	4,6	2	1	3	3
Ventanas de tubo cuadrado de acero 40 x 40 x 3, ud.		2	2	16	16

CAPÍTULO 9. MESAS DE CULTIVO	largo	ancho	kg/m	ud.	Total
Tubo cuadrado de acero 40 x 40 x 1,5 galvanizado	18,86		4	48	3 621,12
Tubo cuadrado de acero 40 x 40 x 1,5 galvanizado	11,97		4	14	670,32
Varilla de acero galvanizado 12 mm	12		1,96	48	1 128,96
Varilla de acero galvanizado 12 mm	6		1,96	14	164,64
Perfil en L de 40 x 40 x 1,5 de acero galvanizado	0,948		2	62	117,552
Pletina de 3 mm de acero galvanizado	1,42	0,4	1	48	68,16
Pletina de 3 mm de acero galvanizado	0,474	0,4	1	14	6,636
Chapa de acero galvanizada 1,5 mm	0,1	0,08		468	468
Ruedas de nylon con freno 200 kg/rueda, ud.				468	468
Bandeja de cultivo PVC 5000 x 2000 x 200, ud.	5	2		48	48
Bandeja de cultivo PVC 2500 x 2000 x 200, ud.	2,5	2		14	14
Tubería de polietileno 32 mm, m	10			48	480
Tubería de polietileno 32 mm, m	5			14	70
Tubería de polietileno 16 mm, m	58			48	2 784
Tubería de polietileno 16 mm, m	29			14	406
Pulverizadores JM12, ud.				16 720	16 720
Válvula antirretorno 32 mm, ud.				62	62
Válvula apertura/cierre de bola, ud.				124	124
Electroválvula 32 mm, ud.				62	62
Válvula reguladora de presión, 3 vías 32 mm, ud.				62	62

CAPÍTULO 10. RED HIDRÁULICA	largo	ancho	alto	ud.	Total
Contador de agua, ud.				1	1
Válvula de corte general, ud.				1	1
Equipo de filtrado, tres filtros de arena de 1200 mm de diámetro, lamas de conexión y control automático, ud.				1	1
Depósito de poliéster de 2 m de diámetro, ud.		Ø2	3	5	5
Bombas de inyección, ud.				4	4
Bomba centrífuga multicelular, 1450 rpm y 4 impulsores, ud.				3	3
Tubería de polietileno 140 mm de diámetro, m	1,4			1	1,4
Tubería de polietileno 125 mm de diámetro, m	9,3			1	9,3
Tubería de polietileno 110 mm de diámetro, m	5,7			1	5,7

Tubería de polietileno 90 mm de diámetro, m	5			1	5
Tubería de polietileno 75 mm de diámetro, m	5			1	5
Tubería de polietileno 63 mm de diámetro, m	5			1	5
Tubería de polietileno 50 mm de diámetro, m	80			1	80
Tubería de polietileno 40 mm de diámetro, m	80			1	80
Tubería de polietileno 32 mm de diámetro, m	80			1	80
Tubería de polietileno 20 mm de diámetro, m	40			1	40
Manguera de polietileno flexible de 32 mm de diámetro	2			62	124
Manguera polietileno flexible de 20 mm de diámetro	2			62	124

CAPÍTULO 11. AUTOMATIZACIÓN	**largo**	**ancho**	**alto**	**ud.**	**Total**
Sensor de humedad ARCUS, ud.				62	62
Estación meteorológica SKYSENSE, ud.				1	1
Sensor de inundación GLI-S2, ud.				5	5
Medidor de electroconductividad (EC) y pH, ud.				1	1
Manómetro diferencial telemetría, ud.				1	1
Motor 24 V ventanas, ud.				16	16
Ventiladores de recirculación Multifan T4E40KM, ud.				12	12
Malla de sombreo 90 %, ud.	1	100		8	8
PC de gestión y control				1	1
Equipo de telegestión para agricultura SKYREG				1	1

4.2. Cuadro de precios

CAPÍTULO 1. MOVIMIENTO DE TIERRA	Precio unitario
Limpieza y desbroce m^3	1,62
Zapatas m^3	23,69
Transporte de tierra distancia mayor de 5 km, m^3	4,50

CAPÍTULO 2. CIMENTACIÓN	Precio unitario
Capa de hormigón de limpieza HM20/B/40/I, m^3	8,62
Hormigón en zapatas HA-30, m^3	146,35
Hormigón armado (HA-25/Yc=1,5 de solera de 20 cm con doble mallazo (acero B-400-S/Ys=1,15) de 6 mm de diámetro y 15 x 15 cm	26,57

CAPÍTULO 3. SANEAMIENTOS	Precio unitario
Arqueta general, ud.	166,35
Sumideros calzada, ud.	40,18
Arqueta sinfónica, ud.	20,56
Arquetas interiores, ud.	21,25
Colector enterrado PVC 90 mm, m	3,50
Colector enterrado PVC 110 mm, m	4,52
Sumidero sala de bombas, ud.	40,18
Colector enterrado PVC 125 mm, m	5,62

CAPÍTULO 4. ESTRUCTURA	Precio unitario
HEA 100	2,08
IPE 220	2,08
IPE 220	2,08
IPE 80	2,08
IPE 100	2,08
IPE 100	2,08
IPE 100	2,08
HEA 180	2,08
HEA 200	2,08
IPE 240	2,08
HEA 140	2,08
ROND 140	1,10
ROND 140	1,10
ROND 140	1,10
Placa de anclaje 1	69,21
Placa de anclaje 2	74,42

Correas ZF 160 x 2,5	2,23

CAPÍTULO 5. CUBIERTA	Precio unitario
Policarbonato compacto 120 mm, m^2	17,86

CAPÍTULO 6. CERRAMIENTOS	Precio unitario
Cerramientos exteriores policarbonato compacto 120 mm, m^2	17,86
Tabiques interiores policarbonato compacto 120 mm, m^2	17,86

CAPÍTULO 7. INSTALACIÓN ELÉCTRICA	Precio unitario
Armario metálico con puerta transparente para cuadro general, en montaje superficial; incluso montaje, toma de tierra, cableado, conexionado, pequeño material, rotulación y ayudas de albañilería. construido según r.e.b.t. medida la unidad instalada, ud.	1856,25
Canalizaciones de conductores en bandeja de rejilla, m	15,05
Interruptores diferenciales tetrapolar de 25 A-300 mA, ud.	210,00
Interruptores diferenciales tetrapolares de 40 A-300 mA, ud.	221,00
Protecciones magnetotérmicas, con interruptores tetrapolares de 10 A, ud.	92,00
Protecciones magnetotérmicas con Interruptores tetrapolares de 32 A, ud.	110,50
Línea principal de tierra con conductor de cobre desnudo de 35 mm^2 de sección que enlazará con la red de tierra general del edificio o, en su defecto, se conectará directamente el Cuadro General de Mando y Protección directamente a tierra mediante conductor de cobre desnudo de 35 mm^2 de sección, m	16,90
Luminarias TCS 160 4 x TLD18W HF L1 18 W, ud.	297,34
Iluminación de emergencia C3 LED 500 lúmenes, ud.	79,54
Iluminación de emergencia URA34 LED 70 lúmenes, ud.	49,60
Iluminación de emergencia G5 LED 90 lúmenes, ud.	33,45
Grupo electrógeno AY-1500-30 DA TX diésel 30 kW, ud.	11875,00
Cable para líneas, m	2,33

CAPÍTULO 8. CARPINTERIA INTERIOR	Precio unitario
Puerta de 4,6 m de anchura y 4 m de altura, de hojas basculantes formada por cerco de perfil tubular laminado en frío con garras de fijación, hojas con estructura de perfiles de iguales características, empaneladas por una cara con chapa plegada de 0,8 mm, galvanizada y prelacada por inmersión, ud.	171,04
Puertas de acceso a almacén, semillero y sala de bombas con perfil tubular y batiente industrial, ud.	298,15
Ventanas de tubo cuadrado de acero 40 x 40 x 3, ud.	133,12

CAPÍTULO 9. MESAS DE CULTIVO	Precio unitario
Tubo cuadrado de acero 40 x 40 x 1,5 galvanizado	2,08
Tubo cuadrado de acero 40 x 40 x 1,5 galvanizado	2,08
Varilla de acero galvanizado 12 mm	2,08

Varilla de acero galvanizado 12 mm	2,08
Perfil en L de 40 x 40 x 1,5 de acero galvanizado	2,08
Pletina de 3 mm de acero galvanizado	2,08
Pletina de 3 mm de acero galvanizado	2,08
Chapa de acero galvanizada 1,5 mm	0,13
Ruedas de nylon con freno 200 kg/rueda, ud.	6,84
Bandeja de cultivo PVC 5000 x 2000 x 200, ud.	50,00
Bandeja de cultivo PVC 2500 x 2000 x 200, ud.	25,00
Tubería de polietileno 32 mm, m	0,54
Tubería de polietileno 32 mm, m	0,54
Tubería de polietileno 16 mm, m	0,12
Tubería de polietileno 16 mm, m	0,12
Pulverizadores JM12, ud.	1,12
Válvula antirretorno 32 mm, ud.	25,22
Válvula apertura/cierre de bola, ud.	25,40
Electroválvula 32 mm, ud.	32,69
Válvula reguladora de presión, 3 vías 32 mm, ud.	156,31

CAPÍTULO 10. RED HIDRÁULICA	**Precio unitario**
Contador de agua, ud.	74,31
Válvula de corte general, ud.	25,40
Equipo de filtrado, tres filtros de arena de 1200 mm de diámetro, lamas de conexión y control automático, ud.	981,23
Depósito de poliéster de 2 m de diámetro, ud.	1252,00
Bombas de inyección, ud.	389,65
Bomba centrífuga multicelular, 1450 rpm y 4 impulsores, ud.	1200,00
Tubería de polietileno 140 mm de diámetro, m	7,21
Tubería de polietileno 125 mm de diámetro, m	5,84
Tubería de polietileno 110 mm de diámetro, m	4,49
Tubería de polietileno 90 mm de diámetro, m	3,13
Tubería de polietileno 75 mm de diámetro, m	2,93
Tubería de polietileno 63 mm de diámetro, m	2,10
Tubería de polietileno 50 mm de diámetro, m	1,41
Tubería de polietileno 40 mm de diámetro, m	0,97
Tubería de polietileno 32 mm de diámetro, m	0,54
Tubería de polietileno 20 mm de diámetro, m	0,35
Manguera de polietileno flexible de 32 mm de diámetro	0,54
Manguera polietileno flexible de 20 mm de diámetro	0,35

CAPÍTULO 11. AUTOMATIZACIÓN	Precio unitario
Sensor de humedad ARCUS, ud.	55,99
Estación meteorológica SKYSENSE, ud.	950,00
Sensor de inundación GLI-S2, ud.	24,22
Medidor de electroconductividad (EC) y pH, ud.	233,92
Manómetro diferencial telemetría, ud.	65,07
Motor 24 V ventanas, ud.	75,79
Ventiladores de recirculación Multifan T4E40KM, ud.	167,17
Malla de sombreo 90 %, ud.	73,00
PC de gestión y control	400,00
Equipo de telegestión para agricultura SKYREG	450,00

4.3. Presupuesto desglosado

CAPÍTULO 1. MOVIMIENTO DE TIERRA	Total	Precio unitario	Importe
Limpieza y desbroce m^3	935,55	1,62	1 515,59
Zapatas m^3	47	23,69	1 113,43
Transporte de tierra distancia mayor de 5 km, m^3	453,6	4,5	2 041,20
TOTAL, MOVIMIENTO DE TIERRA			4 670,22

CAPÍTULO 2. CIMENTACIÓN	Total	Precio unitario	Importe
Capa de hormigón de limpieza HM20/B/40/I, m^3	1,88	8,62	16,21
Hormigón en zapatas HA-30, m^3	176,72	146,35	25 862,97
Hormigón armado (HA-25/Yc=1,5 de solera de 20 cm con doble mallazo (acero B-400-S/Ys=1,15) de 6 mm de diámetro y 15 x 15 cm	275	26,57	7 306,75
TOTAL, CIMENTACIÓN			33 185,93

CAPÍTULO 3. SANEAMIENTOS	Total	Precio unitario	Importe
Arqueta general, ud.	1	166,35	166,35
Sumideros calzada, ud.	8	40,18	321,44
Arqueta sinfónica, ud.	1	20,56	20,56
Arquetas interiores, ud.	112	21,25	2 380,00
Colector enterrado PVC 90 mm, m	280	3,5	980,00
Colector enterrado PVC 110 mm, m	40	4,52	180,80
Sumidero sala de bombas, ud.	2	40,18	80,36
Colector enterrado PVC 125 mm, m	5	5,62	28,10
TOTAL, SANEAMIENTOS			4 157,61

CAPÍTULO 4. ESTRUCTURA	Total	Precio unitario	Importe
HEA 100	668	2,08	1 389,44
IPE 220	1048	2,08	2 179,84
IPE 220	5 464,272	2,08	11 365,69
IPE 80	2 443,936	2,08	5 083,39
IPE 100	528	2,08	1 098,24
IPE 100	356,4	2,08	741,31
IPE 100	844,668	2,08	1 756,91
HEA 180	2 698	2,08	5611,84
HEA 200	3 045,6	2,08	6334,85

IPE 240	5526	2,08	11 494,08
HEA 140	4940	2,08	10 275,20
ROND 140	6 195,2	1,1	6 814,72
ROND 140	13 339,04	1,1	14 672,94
ROND 140	10 512,48	1,1	11 563,73
Placa de anclaje 1	10	69,21	692,10
Placa de anclaje 2	37	74,42	2 753,54
Correas ZF 160 x 2,5	2 304	2,23	5 137,92
TOTAL, ESTRUCTURA			98 965,73

CAPÍTULO 5. CUBIERTA	**Total**	**Precio unitario**	**Importe**
Policarbonato compacto 120 mm, m^2	1 372	17,86	24 503,92
TOTAL, CUBIERTA			24 503,92

CAPÍTULO 6. CERRAMIENTOS	**Total**	**Precio unitario**	**Importe**
Cerramientos exteriores policarbonato compacto 120 mm, m^2	740	17,86	13 216,40
Tabiques interiores policarbonato compacto 120 mm, m^2	175	17,86	3 125,50
TOTAL, CERRAMIENTOS			16 341,90

CAPÍTULO 7. INSTALACIÓN ELÉCTRICA	**Total**	**Precio unitario**	**Importe**
Armario metálico con puerta transparente para cuadro general, en montaje superficial; incluso montaje, toma de tierra, cableado, conexionado, pequeño material, rotulación y ayudas de albañilería. construido según r.e.b.t. medida la unidad instalada, ud.	1	1 856,25	1 856,25
Canalizaciones de conductores en bandeja de rejilla, m	250	15,05	3 762,50
Interruptores diferenciales tetrapolar de 25 A-300 mA, ud.	8	210	1 680,00
Interruptores diferenciales tetrapolares de 40 A-300 mA, ud.	4	221	884,00
Protecciones magnetotérmicas, con interruptores tetrapolares de 10 A, ud.	8	92	736,00
Protecciones magnetotérmicas con interruptores tetrapolares de 32 A, ud.	4	110,5	442,00
Línea principal de tierra con conductor de cobre desnudo de 35 mm^2 de sección que enlazará con la red de tierra general del edificio o, en su defecto, se conectará directamente el Cuadro General de Mando y Protección directamente a tierra mediante conductor de cobre desnudo de 35 mm^2 de sección, m	250	16,9	4 225,00
Luminarias TCS 160 4 x TLD 18 W HF L1 18 W, ud.	8	297,34	2 378,72
Iluminación de emergencia C3 LED 500 lúmenes, ud.	5	79,54	397,70
Iluminación de emergencia URA 34 LED 70 lúmenes, ud.	8	49,6	396,80
Iluminación de emergencia G5 LED 90 lúmenes, ud.	8	33,45	267,60

Grupo electrógeno AY-1500-30 DA TX diésel 30 kW automático, ud.	1	11 875	11 875,00
Cable para líneas, m	600	2,33	1 398,00
TOTAL, INSTALACIÓN ELÉCTRICA			30 299,57

CAPÍTULO 8. CARPINTERIA INTERIOR	Total	Precio unitario	Importe
Puerta de 4,6 m de anchura y 4 m de altura, de hojas basculantes formada por cerco de perfil tubular laminado en frío con garras de fijación, hojas con estructura de perfiles de iguales características, empaneladas por una cara con chapa plegada de 0,8 mm, galvanizada y prelacada por inmersión, ud.	18,4	171,04	3 147,14
Puertas de acceso a almacén, semillero y sala de bombas con perfil tubular y batiente industrial, ud.	3	298,15	894,45
Ventanas de tubo cuadrado de acero 40 x 40 x 3, ud.	16	133,12	2 129,92
TOTAL, CARPINTERÍA INTERIOR			6 171,51

CAPÍTULO 9. MESAS DE CULTIVO	Total	Precio unitario	Importe
Tubo cuadrado de acero 40 x 40 x 1,5 galvanizado	3 621,12	2,08	7 531,93
Tubo cuadrado de acero 40 x 40 x 1,5 galvanizado	670,32	2,08	1 394,27
Varilla de acero galvanizado 12 mm	1 128,96	2,08	2 348,24
Varilla de acero galvanizado 12 mm	164,64	2,08	342,45
Perfil en L de 40 x 40 x 1,5 de acero galvanizado	117,552	2,08	244,51
Pletina de 3 mm de acero galvanizado	68,16	2,08	141,77
Pletina de 3 mm de acero galvanizado	6,636	2,08	13,80
Chapa de acero galvanizada 1,5 mm	37,44	0,13	4,87
Ruedas de nylon con freno 200 kg/rueda, ud.	468	6,84	3 201,12
Bandeja de cultivo PVC 5000 x 2000 x 200, ud.	48	50	2 400,00
Bandeja de cultivo PVC 2500 x 2000 x 200, ud.	14	25	350,00
Tubería de polietileno 32 mm, m	480	0,54	259,20
Tubería de polietileno 32 mm, m	70	0,54	37,80
Tubería de polietileno 16 mm, m	2 784	0,12	334,08
Tubería de polietileno 16 mm, m	406	0,12	48,72
Pulverizadores JM12, ud.	16 720	1,12	18 726,40
Válvula antirretorno 32 mm, ud.	62	25,22	1 563,64
Válvula apertura/cierre de bola, ud.	124	25,4	3 149,60
Electroválvula 32 mm, ud.	62	32,69	2 026,78
Válvula reguladora de presión, 3 vías 32 mm, ud.	62	156,31	9 691,22
TOTAL, MESAS DE CULTIVO			53 810,39

CAPÍTULO 10. RED HIDRÁULICA	Total	Precio unitario	Importe
Contador de agua, ud.	1	74,31	74,31
Válvula de corte general, ud.	1	25,4	25,40
Equipo de filtrado, tres filtros de arena de 1200 mm de diámetro, lamas de conexión y control automático, ud.	1	981,23	981,23
Depósito de poliéster de 2 m de diámetro, ud.	5	1252	6 260,00
Bombas de inyección, ud.	4	389,65	1 558,60
Bomba centrífuga multicelular, 1450 rpm y 4 impulsores, ud.	3	1200	3 600,00
Tubería de polietileno 140 mm de diámetro, m	1,4	7,21	10,09
Tubería de polietileno 125 mm de diámetro, m	9,3	5,84	54,31
Tubería de polietileno 110 mm de diámetro, m	5,7	4,49	25,59
Tubería de polietileno 90 mm de diámetro, m	5	3,13	15,65
Tubería de polietileno 75 mm de diámetro, m	5	2,93	14,65
Tubería de polietileno 63 mm de diámetro, m	5	2,1	10,50
Tubería de polietileno 50 mm de diámetro, m	80	1,41	112,80
Tubería de polietileno 40 mm de diámetro, m	80	0,97	77,60
Tubería de polietileno 32 mm de diámetro, m	80	0,54	43,20
Tubería de polietileno 20 mm de diámetro, m	40	0,35	14,00
Manguera de polietileno flexible de 32 mm de diámetro	124	0,54	66,96
Manguera polietileno flexible de 20 mm de diámetro	124	0,35	43,40
TOTAL, RED HIDRÁULICA			12 988,30

CAPÍTULO 11. AUTOMATIZACIÓN	Total	Precio unitario	Importe
Sensor de humedad ARCUS, ud.	62	55,99	3 471,38
Estación meteorológica SKYSENSE, ud.	1	950	950,00
Sensor de inundación GLI-S2, ud.	5	24,22	121,10
Medidor de electroconductividad (EC) y pH, ud.	1	233,92	233,92
Manómetro diferencial telemetría, ud.	1	65,07	65,07
Motor 24 V ventanas, ud.	16	75,79	1 212,64
Ventiladores de recirculación Multifan T4E40KM, ud.	12	167,17	2 006,04
Malla de sombreo 90 %, ud.	8	73	584,00
PC de gestión y control	1	400	400,00
Equipo de telegestión para agricultura SKYREG	1	450	450,00
TOTAL, AUTOMATIZACIÓN			9 494,15

4.4. Resumen del presupuesto del invernadero

RESUMEN PRECIOS	TOTALES (€)
Capítulo 1. Movimiento de tierra	4 670,22
Capítulo 2. Cimentación	33 185,93
Capítulo 3. Saneamientos	4 157,61
Capítulo 4. Estructura	98 965,73
Capítulo 5. Cubierta	24 503,92
Capítulo 6. Cerramientos	16 341,90
Capítulo 7. Instalación eléctrica	30 299,57
Capítulo 8. Carpintería interior	6 171,51
Capítulo 9. Mesas de cultivo	53 810,39
Capítulo 10. Red hidráulica	12 988,30
Capítulo 11. Automatización	9 494,15

Tabla 23: Resumen de precios de las partes del proyecto.

4.5. Precio final

Presupuesto de ejecución material	294 589,23
Beneficio industrial (6 % P.E.M)	1 7675,35
Gastos generales (13 %)	38 296,60
IVA (21 %)	73 617,85
Precio final (€)	424 179,04

Tabla 24: Presupuesto de ejecución material más impuestos y beneficio industrial.

5. PLANOS

A continuación, se muestra un listado con los diferentes planos que se han elaborado, así como los propios planos que, de acuerdo con las normas de estilo, se han dispuesto comenzando por los de situación y emplazamiento, para pasar los de cada disciplina.

1. Situación – Plano de situación
2. Situación – Vías de acceso
3. Situación – Parcela y linderos
4. Cimentación – Zapatas
5. Cimentación – Uniones de los pilares con las zapatas
6. Estructura – Estructura metálica del invernadero
7. Estructura – Perfiles de la estructura metálica
8. Esquemas – Distribución del invernadero
9. Esquemas – Red de suministro a las mesas
10. Esquemas – Distribución del invernadero
11. Esquemas – Distribución de las plantas en las mesas (Opción 1)
12. Esquemas – Distribución de las plantas en las mesas (Opción 2)
13. Esquemas – Solape del patrón de aspersión
14. Instalaciones – Red de suministro de agua a las mesas y saneamiento
15. Instalaciones – Electricidad
16. Mesas de cultivo – Plano de conjunto
17. Mesas de cultivo – Estructura metálica
18. Mesas de cultivo – Red hidráulica de las mesas

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO

Situación - Plano de situación

Escala	Fecha		Nº de plano
1:1000	16/06/2020	Fdo: PABLO JIMÉNEZ LÓPEZ	1/18

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

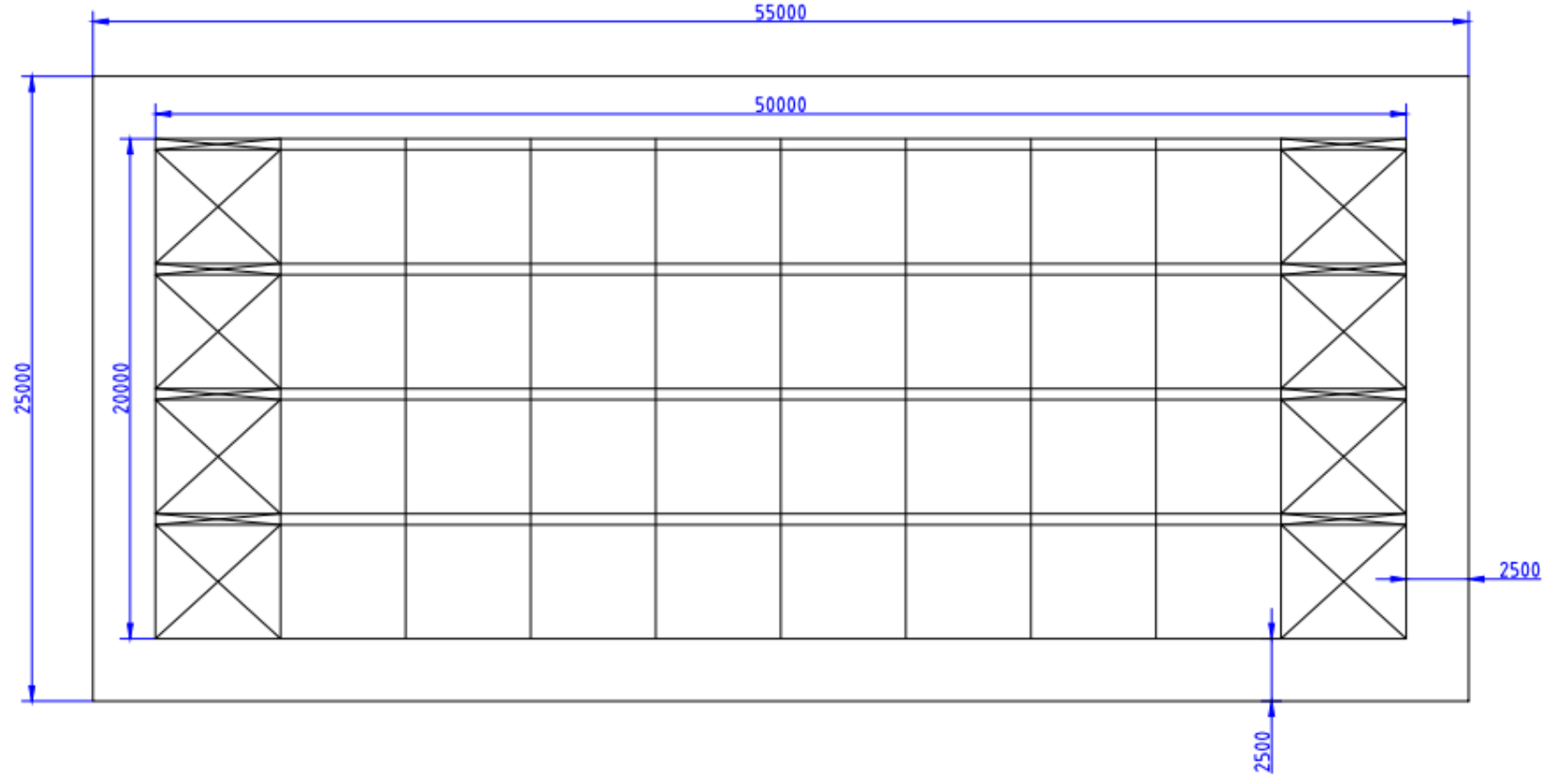
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO

Situación - Vías de acceso

Escala	Fecha		Nº de plano
1:5000	16/06/2020	Fdo: PABLO JIMÉNEZ LÓPEZ	2/18

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

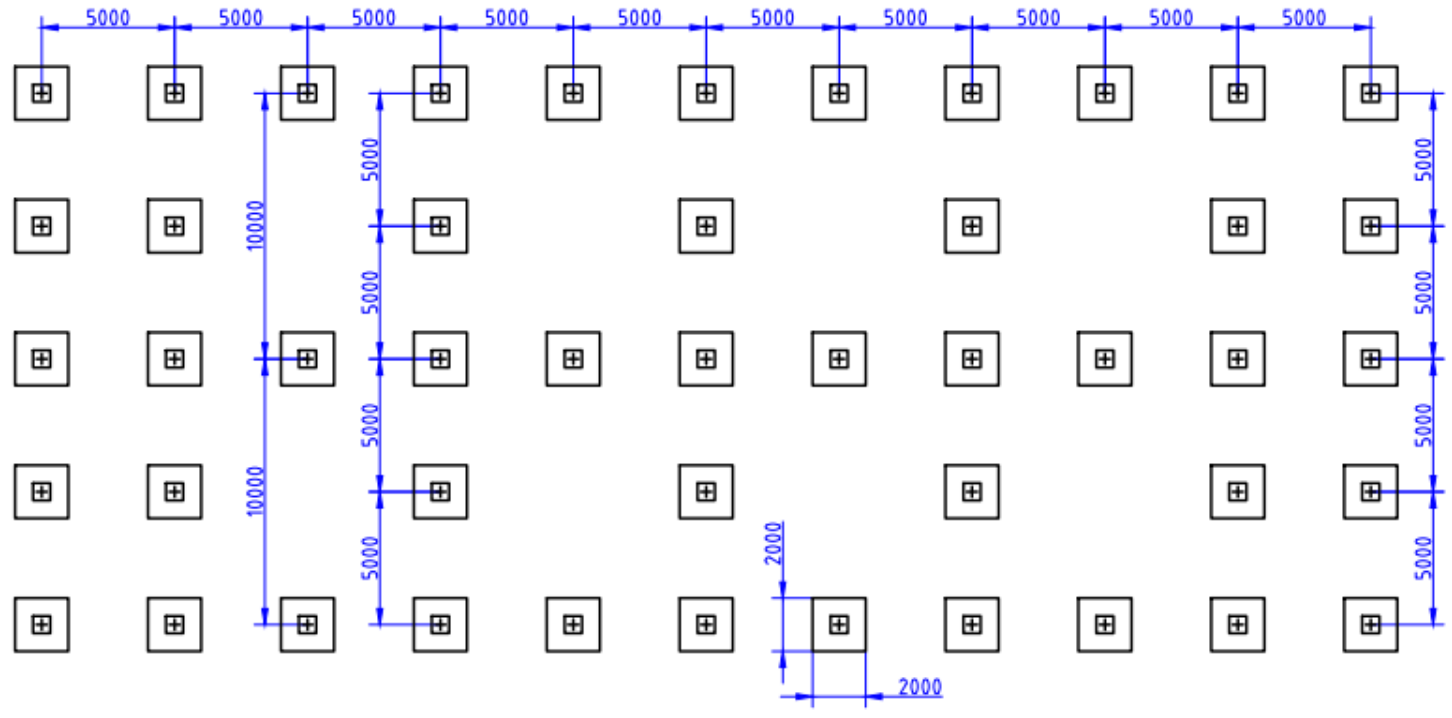
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO

Situación - Parcela y linderos

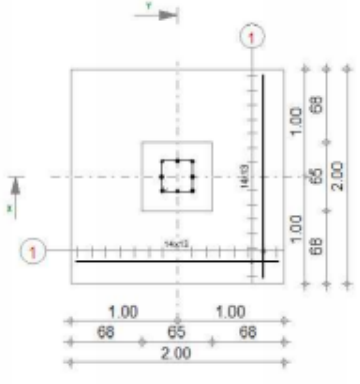
Escala	Fecha		Nº de plano
1:200	16/06/2020	Fdo: PABLO JIMÉNEZ LÓPEZ	3/18

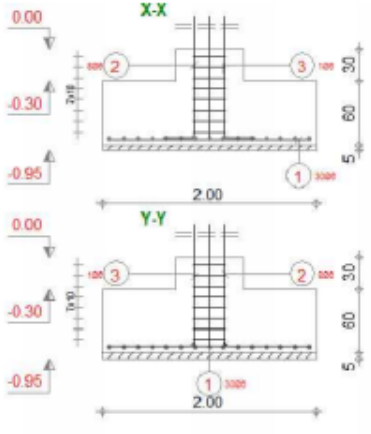
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



ZAPATAS
ESCALA 1:50 (COTAS EN METROS Y CENTÍMETROS)





Posic.	Armaduras	Forma	Acero
1	30Ø8	l=1.90	B500S
2	8Ø6	l=1.42	B500S
3	8Ø6	l=1.35	B500S

UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

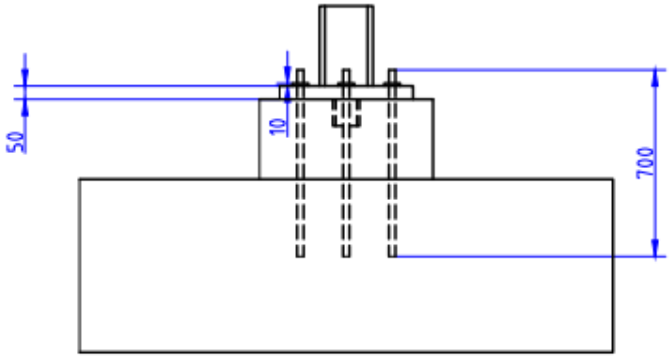
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO

Cimentación - Zapatas

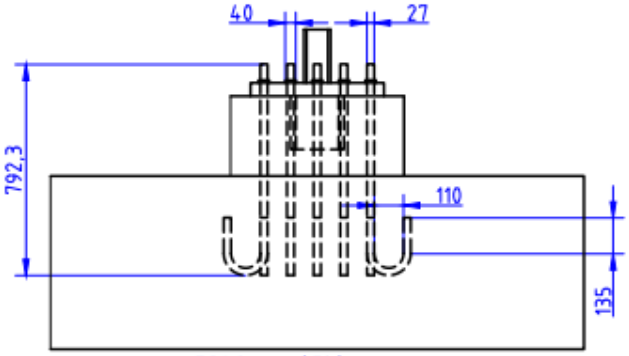
Escala	Fecha		Nº de plano
1:200	17/06/2020	Fdo: PABLO JIMÉNEZ LÓPEZ	4/18

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

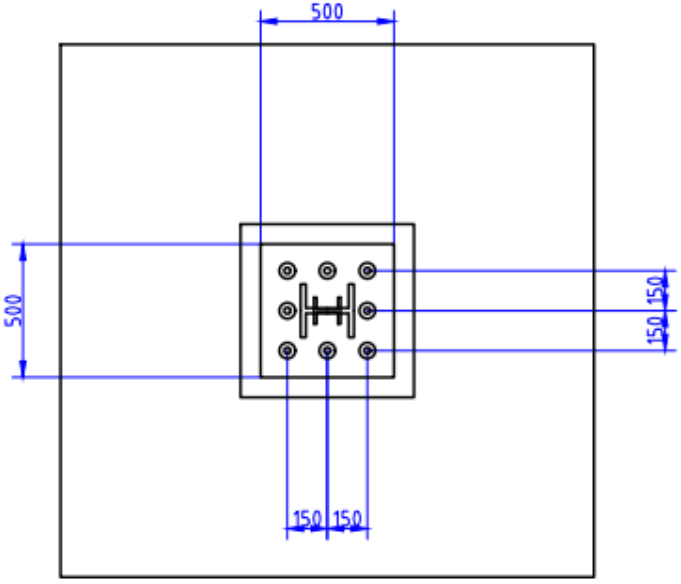
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

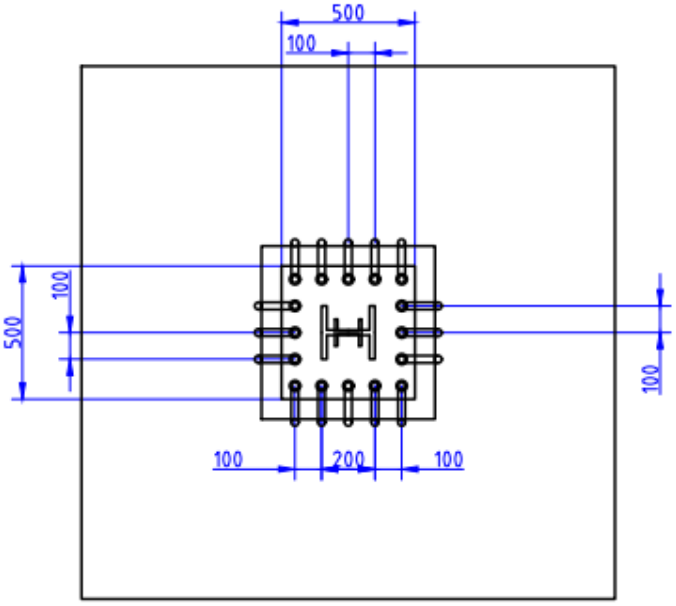


TIPO 1 (T1)
TORNILLOS M24-B CLASE 4.6
CHAVETA IPE100 S275 100mm



TIPO 2 (T2)
TORNILLOS M27 CLASE 4.6
CHAVETA HEA200 S275 200mm





DISTRIBUCIÓN DE TIPOS DE UNIÓN POR ZAPATA

TIPO 1 (T1)
TIPO 2 (T2)

ESCALA 1:500

UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

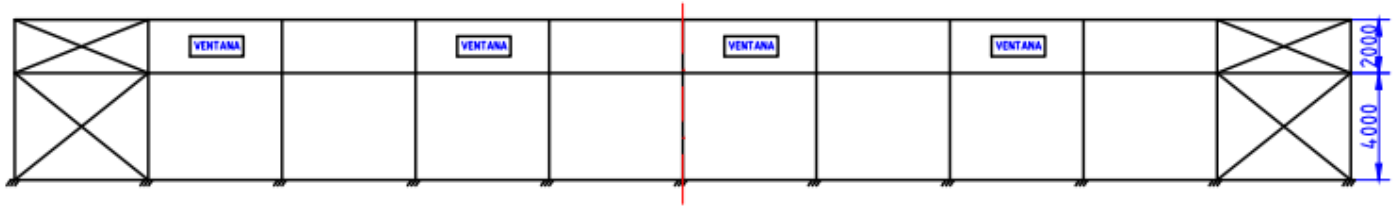
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO

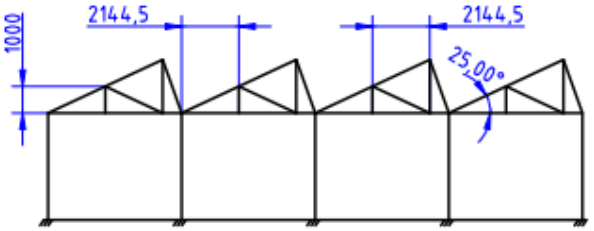
Cimentación - Uniones de los pilares con las zapatas

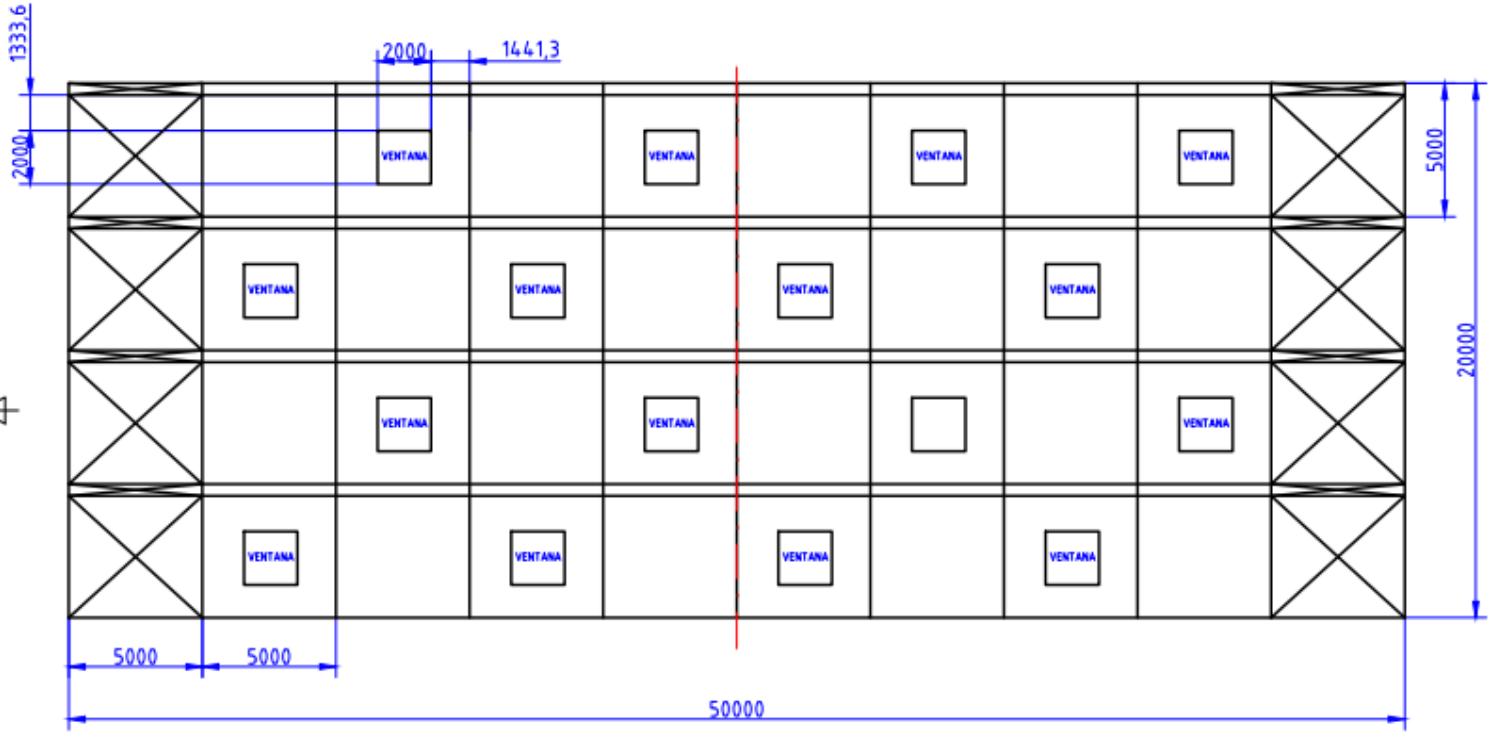
Escala	Fecha		Nº de plano
1:20	17/06/2020	Fdo: PABLO JIMÉNEZ LÓPEZ	5/18

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

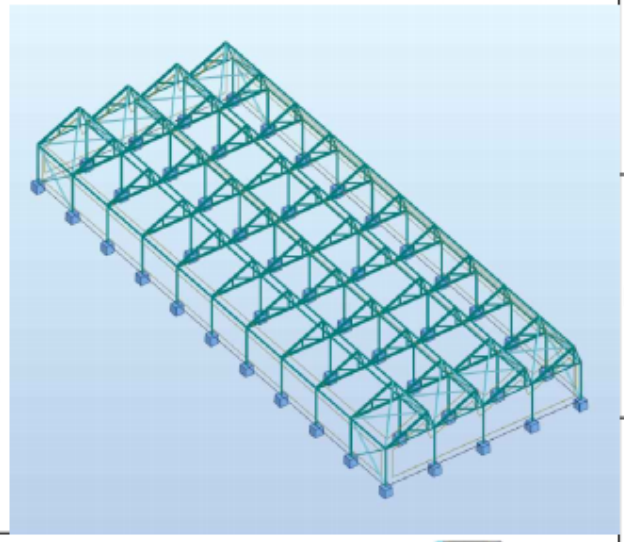






VISTA 3D DE LA ESTRUCTURA

ESCALA 1:500



PÓRTICOS Y VANOS EQUIESPACIADOS EN
TODA LA ESTRUCTURA

UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO

Estructura - Estructura metálica del invernadero

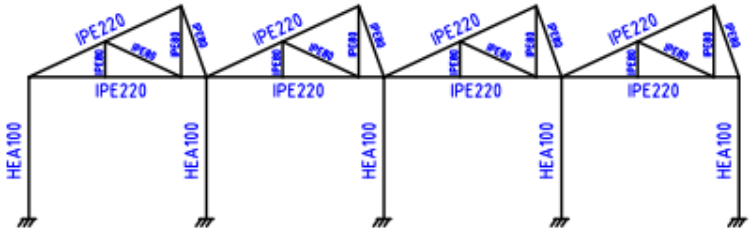
Escala	Fecha		Nº de plano
1:200	17/06/2020	Fdo: PABLO JIMÉNEZ LÓPEZ	6/18

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

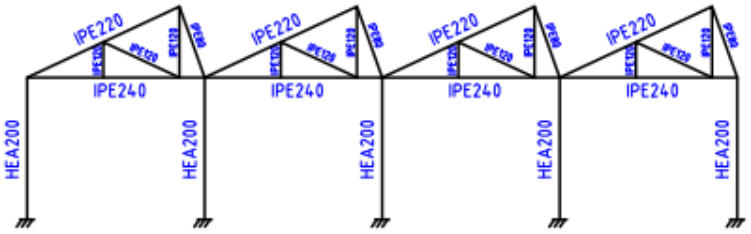
ALZADO PÓRTICO FRONTAL Y FINAL

ESCALA 1 : 150



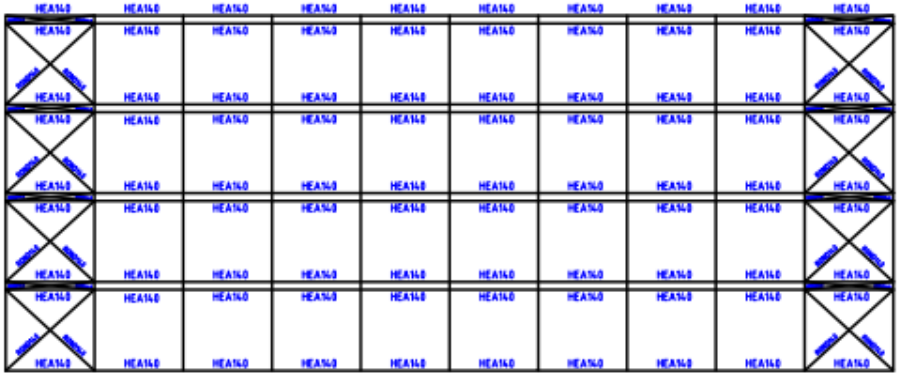
ALZADO PÓRTICO CENTRAL

ESCALA 1 : 150



PÓRTICO FRONTAL Y FINAL

ESCALA 1 : 300



UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

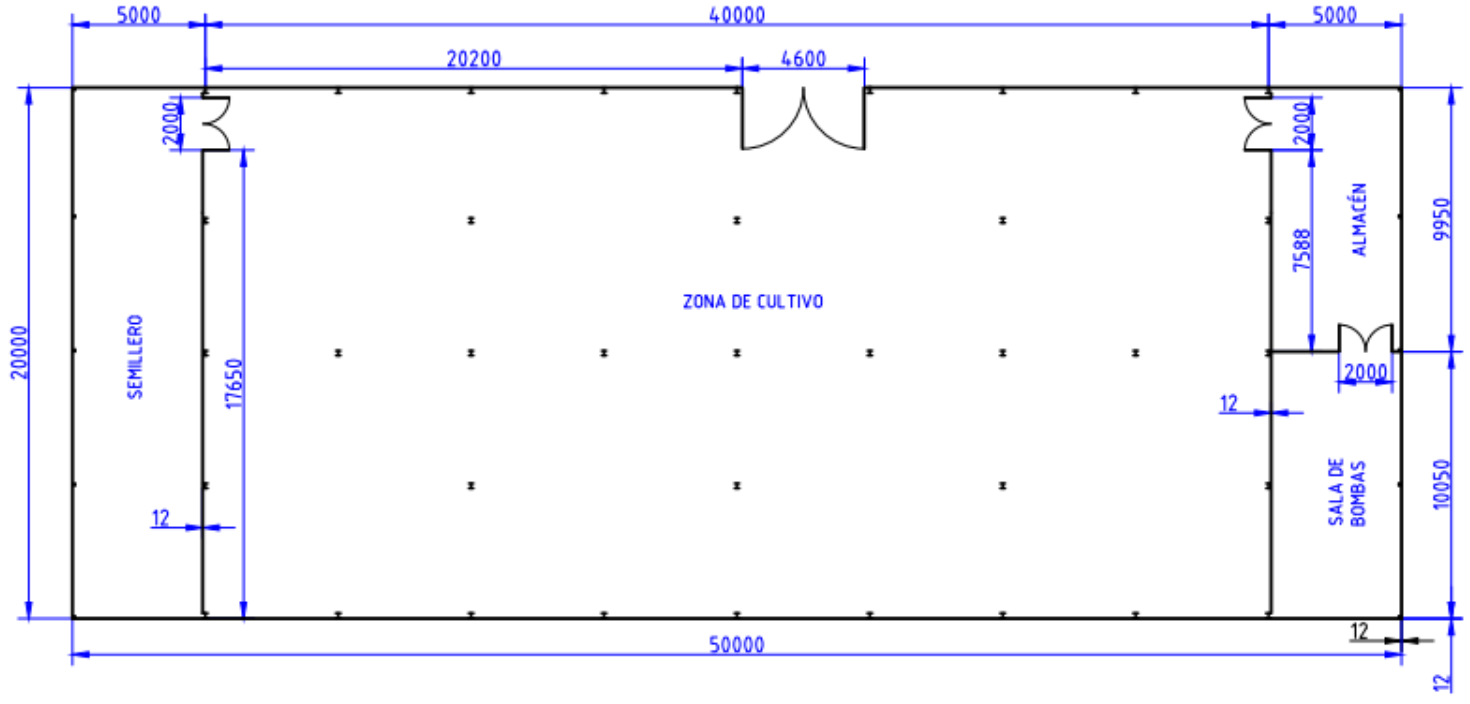
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO

Estructura - Perfiles de la estructura metálica

Escala	Fecha		N° de plano
	18/06/2020	Fdo: PABLO JIMÉNEZ LÓPEZ	7/18

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

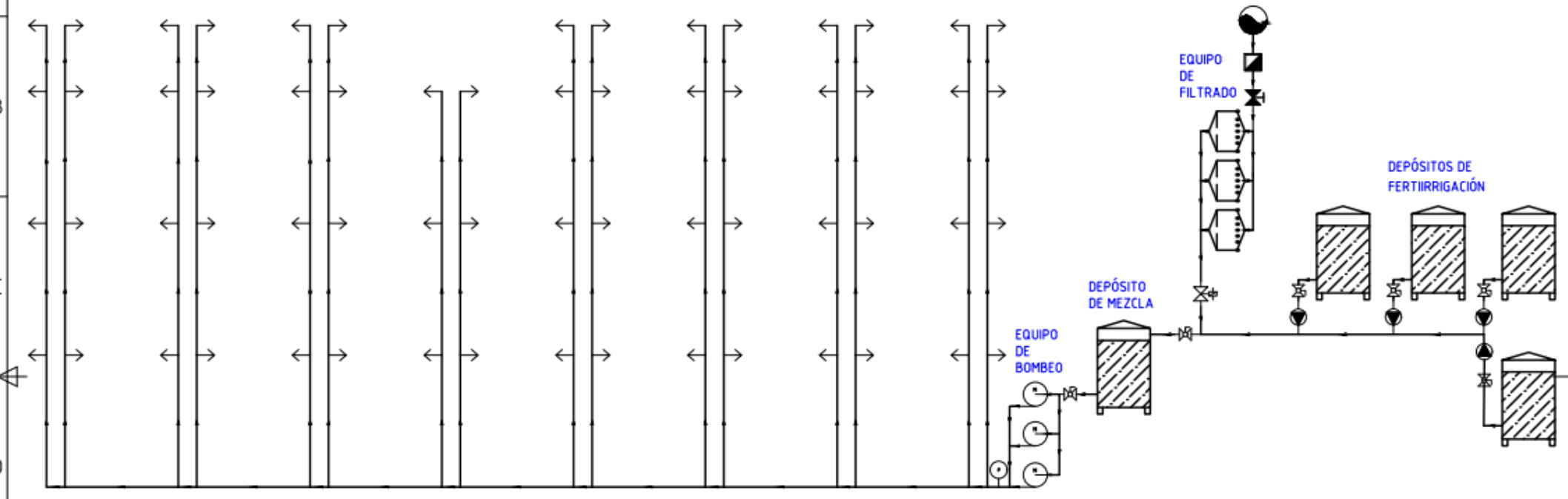
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO

Esquemas - Distribución del invernadero

Escala	Fecha		Nº de plano
1:200	17/06/2020	Fdo: PABLO JIMÉNEZ LÓPEZ	8/18

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



Acople rápido hembra
Acople rápido macho
Llave de paso de esfera
Pilotaje eléctrico con solenoide
Llave de paso general
Aspersor
Válvula de retención
Dirección del flujo
Bomba inyectora
Contador general
Válvula de cierre de bola
Medidor de presión
Bomba centrífuga con motor eléctrico
Filtro de arena
Reducción tubería
Depósito vertical con fondo plano

UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

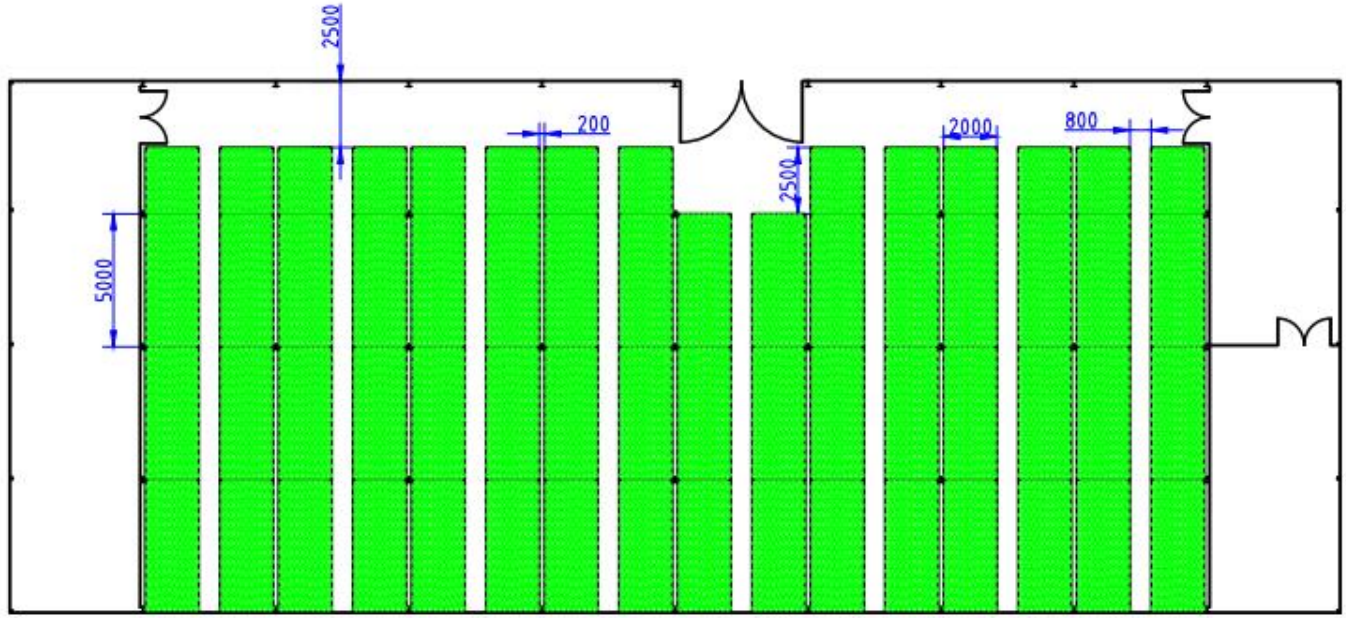
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO

Esquemas - Red de suministro a las mesas

Escala	Fecha		Nº de plano
1:150	19/06/2020	Fdo: PABLO JIMÉNEZ LÓPEZ	9/18

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

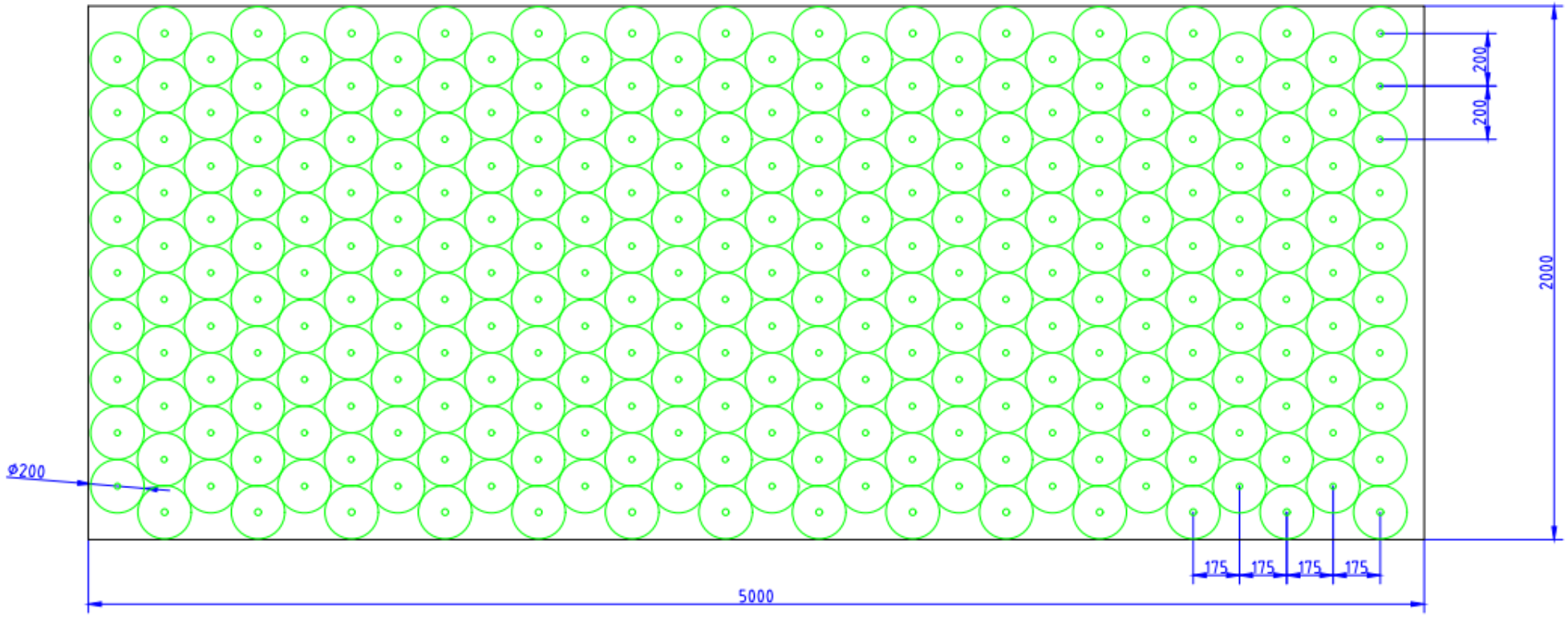
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO

Esquemas - Distribución del invernadero

Escala	Fecha		Nº de plano
1:200	17/06/2020	Fdo: PABLO JIMÉNEZ LÓPEZ	10/18

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

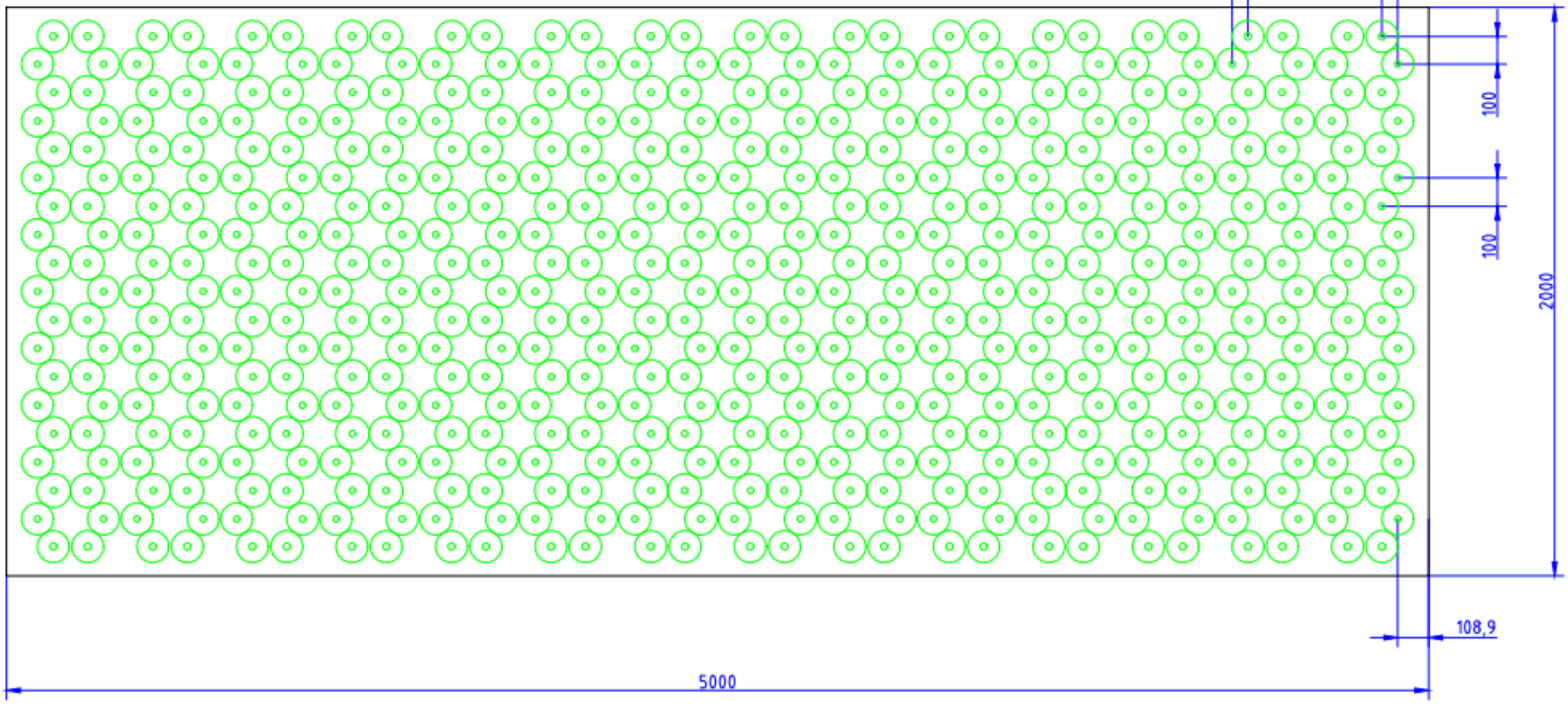
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO

Esquemas - Distribución de las plalntas en las mesas (Opción 1)

Escala	Fecha	Fdo:	Nº de plano
1:16	05/06/2020	PABLO JIMÉNEZ LÓPEZ	11/18

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



UNIVERSIDAD DE JAÉN

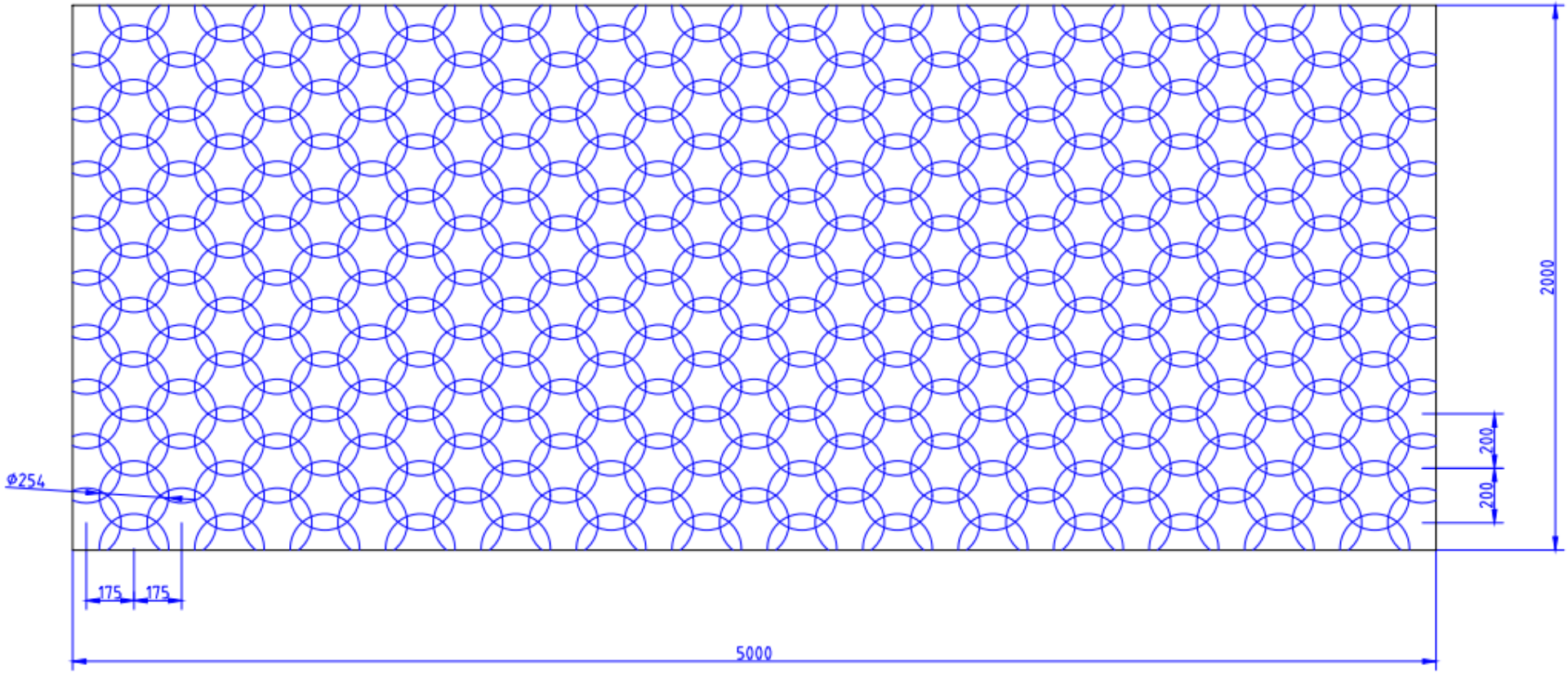
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO

Esquemas - Distribución de las plalntas en las mesas (Opción 2)

Escala	Fecha		Nº de plano
1:16	07/06/2020	Fdo: PABLO JIMÉNEZ LÓPEZ	12/18

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

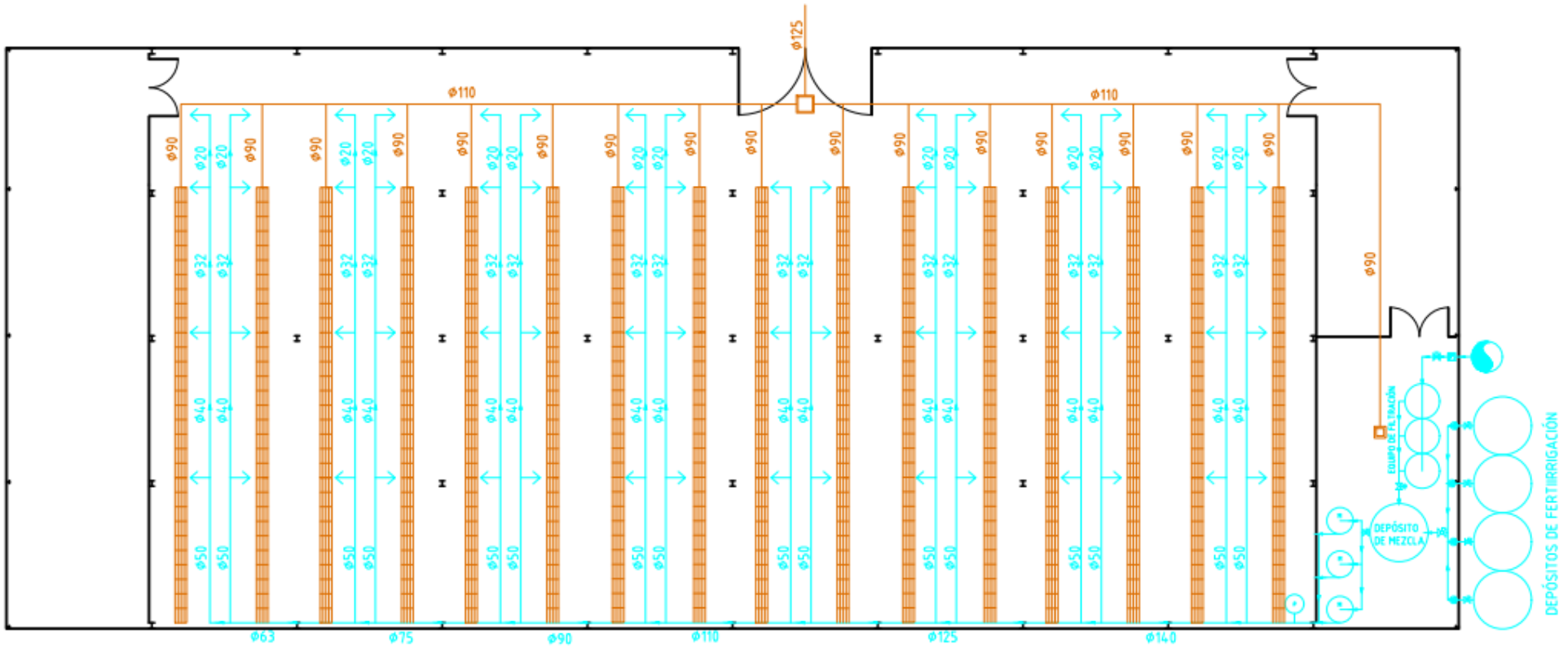
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO

Esquemas - Solape del patrón de aspersión

Escala	Fecha	Fdo:	Nº de plano
1:16	08/06/2020	PABLO JIMÉNEZ LÓPEZ	13/18

CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSIÓN PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



Acople rápido hembra
Acople rápido macho
Llave de paso de esfera
Piloto eje eléctrico con solenoide
Llave de paso general
Aspersor
Válvula de retención
Dirección del flujo
Bomba inyectora
Contador general
Válvula de cierre de bola
Hodidor de presión
Bomba centrífuga con motor eléctrico
Filtro de arena
Reducción tubería
Depósito vertical con fondo plano
Tubería de agua
Rejilla de recogida de aguas
Arqueta
Tubería de saneamiento

UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

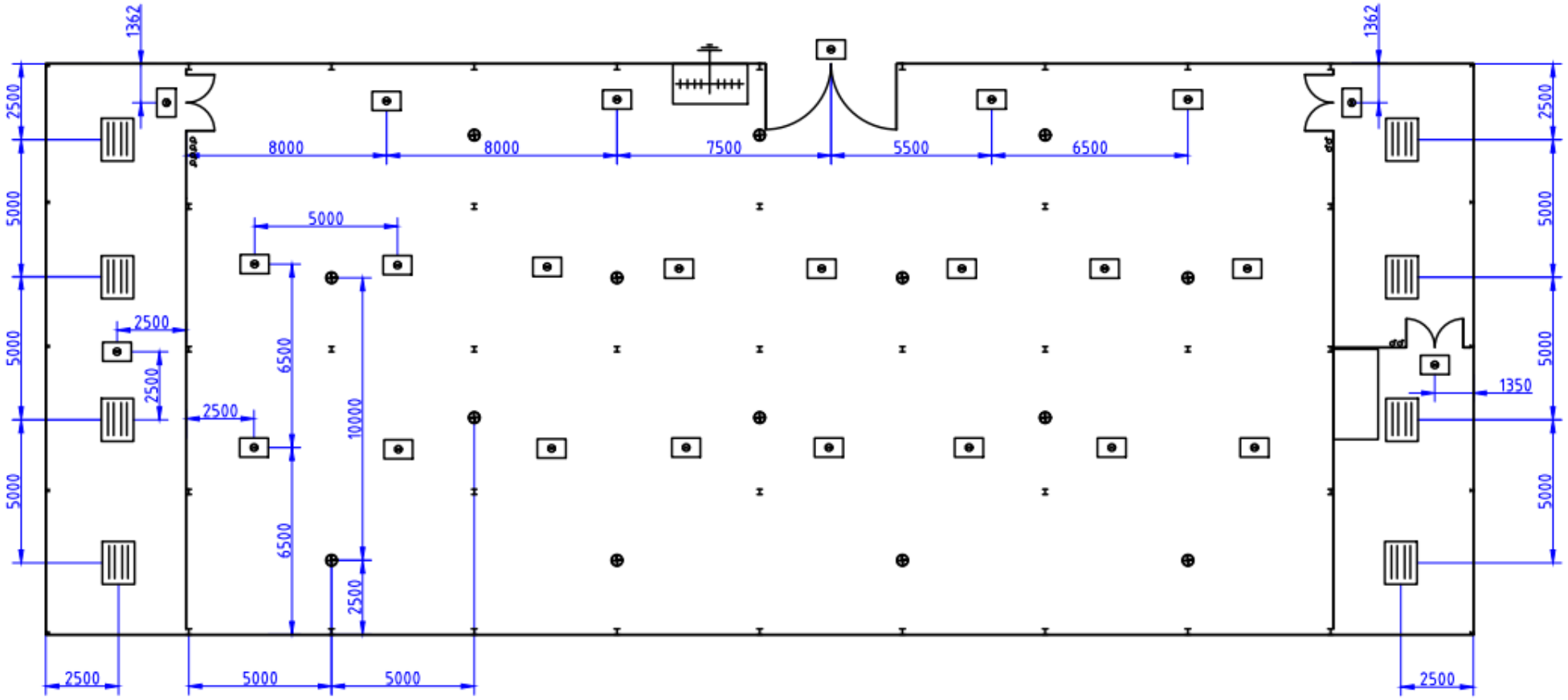
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO

Instalaciones - Red de suministro de agua a las mesas y saneamiento

Escala	Fecha		N° de plano
1:150	19/06/2020	Fdo: PABLO JIMÉNEZ LÓPEZ	14/18

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

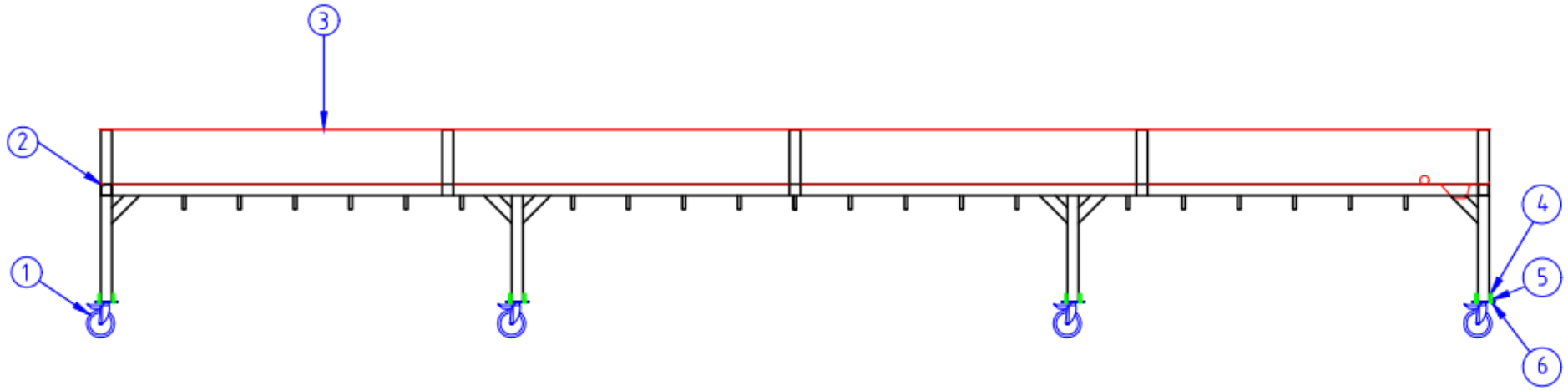
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO

Instaslaciones - Electricidad

Escala	Fecha		N° de plano
1:150	18/06/2020	Fdo: PABLO JIMÉNEZ LÓPEZ	15/18

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



Marca	Ctd.	Designación	Descripción
6	64	Arandela	DIN 988 ⌀10
5	32	Tuerca hexagonal	Din 934 Métrica 8
4	32	Tornillo de cabeza hexagonal	DIN 931 Métrica 8 con rosca parcial de 20mm
3	1	Bandeja de cultivo	Bandeja de PVC 5000x 2000x 200
2	1	Estructura metálica	Estructura metálica de la mesa de cultivo 5000 x 2000 fabricada en acero galvanizado
1	8	Rueda nylon ⌀100	Rueda nylon ⌀100 con freno y carga máxima de 200 kg

TABLA DE COMPONENTES

UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

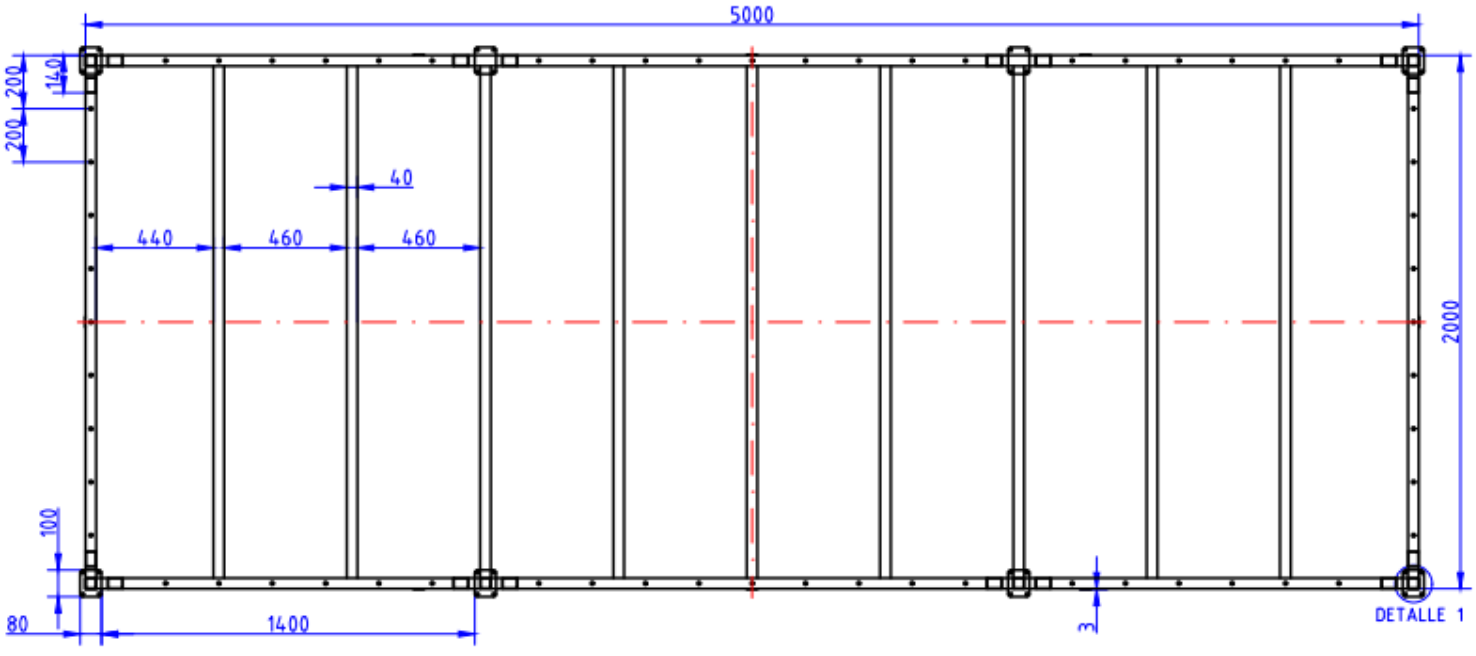
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO

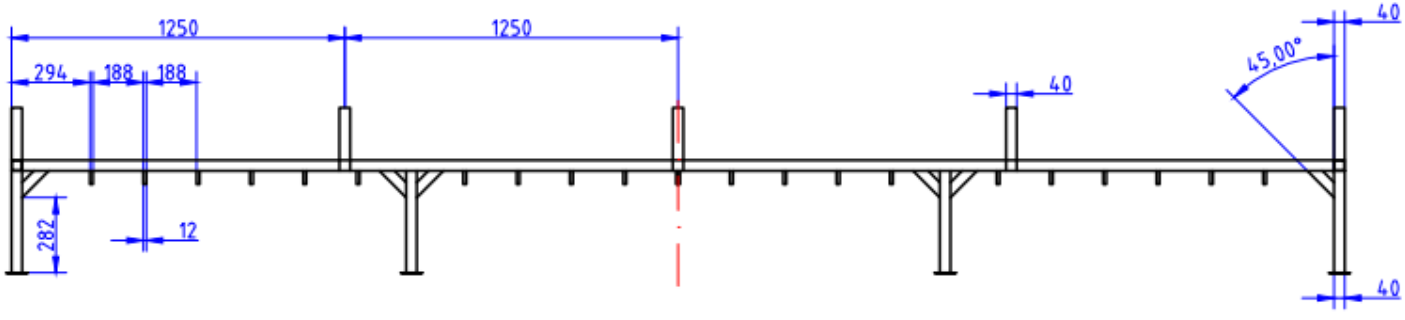
Mesas de cultivo - Plano de conjunto

Escala	Fecha		Nº de plano
1:16	19/06/2020	Fdo: PABLO JIMÉNEZ LÓPEZ	16/18

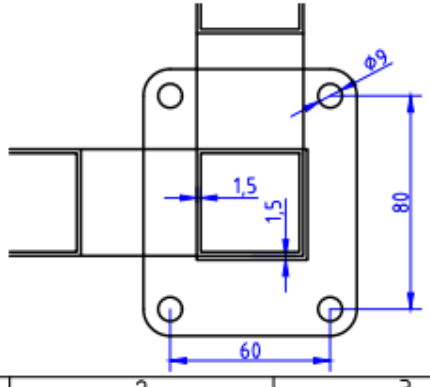
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK





(TODAS LAS UNIONES DE LA ESTRUCTURA SERÁN SOLDADAS)



DETALLE 1

ESCALA 1 : 2

UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

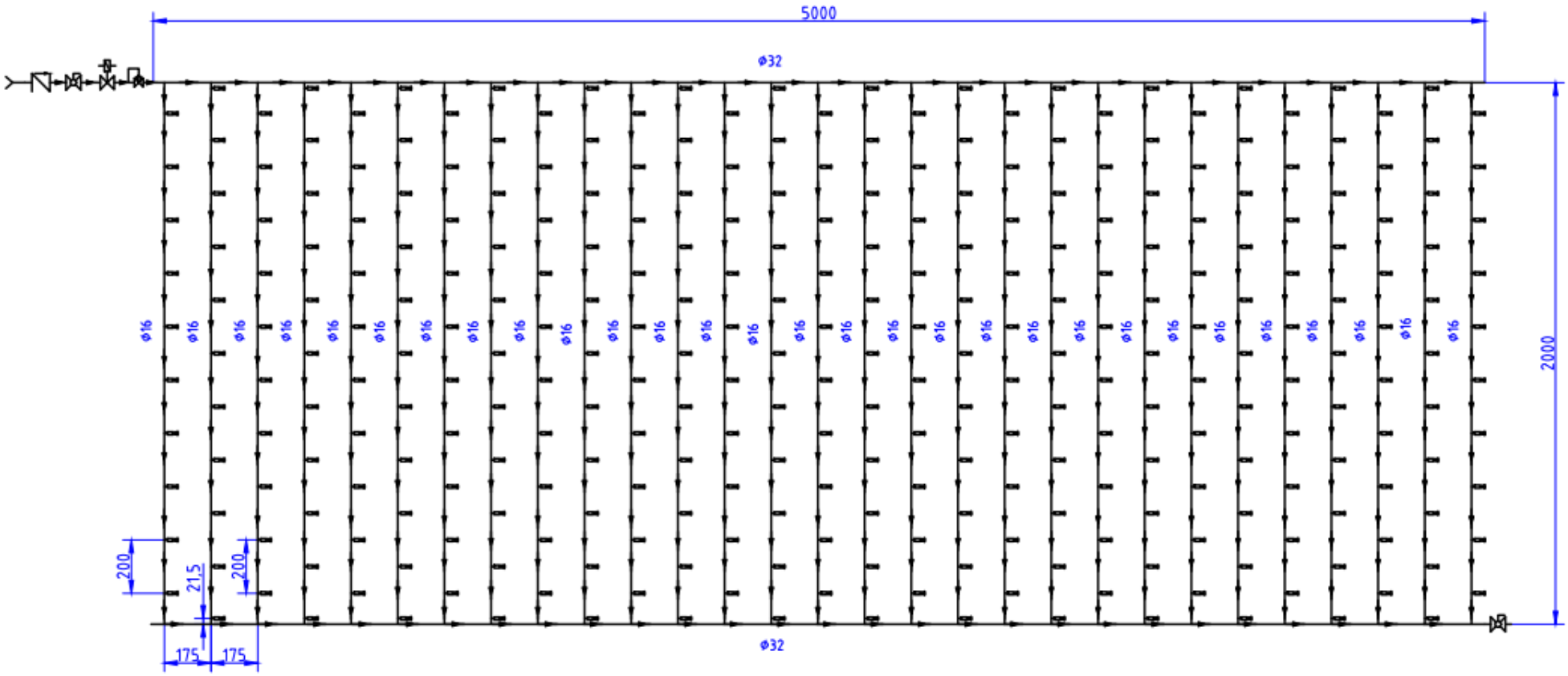
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO

Mesas de cultivo - Estructura metálica

Escala	Fecha		Nº de plano
1:20	20/06/2020	Fdo: PABLO JIMÉNEZ LÓPEZ	17/18

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



Válvula 3 vías

Válvula con solenoide

Aspersor

Válvula de retención

Dirección del flujo

Válvula de cierre de bola

Acople rápido hembra

Acople rápido macho

UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO

Mesas de cultivo - Red hidrauliica de las mesas

Escala	Fecha		Nº de plano
1:16	20/06/2020	Fdo: PABLO JIMÉNEZ LÓPEZ	18/18

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

6. BIBLIOGRAFÍA

NASA. 2007. *Progressive Plant Growing is a Blooming Business*. Washington D. C., Estados Unidos: NASA, 2007.

AYERBE. 2018. *Catálogo AYERBE*. Vitoria: AYERBE INDUSTRIAL DE MOTORES S.A, 2018.

CAPRARI. 2006. *POMPE CENTRIFUGHE MULTISTADIO*. Modena: Caprari S.a.p., 2006.

Maruplast. 2016. *Maruplast: Catálogo 2016*. Lima: Maruplast tecnologías en invernadero., 2016.

Gobierno de España. 2009. *Documento Básico SE-AE*. España: Gobierno de España, 2009.

Lama. 2017. *Tarifa agrícola*. Sevilla: Lama S.L., 2017.

Elster Iberconta. 2015. *Tarifa de precios*. Guipúzcua: Elster Medición, S.A.U., 2015.

D. Jose Antonio López Sánchez. 2017. *Memoria de proyecto de explotación agrícola en el paraje" Rebeque", en el término municipal de El Ejido (Almería)*. El Ejido: Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Almería, 2017.

CYCO. 2019. *JM Impingement Misting Noozles*. China: CYCO & Changyuan Industrial Spray, 2019.

Dña. Susana Hijano Alarcón. 2017. *Proyecto de ejecución de invernadero, paraje "La Chorrera", T.M. Benamocarra*. Málaga: Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos y Peritos Agrícolas de Málaga, 2017.

MASA. 2018. *Catálogo y Listado de Precios*. Valencia: Material de Aireación, S.A., 2018.

EPSL. 2016. *TFG, Nave industrial dedicada a la fabricación de tornillos*. Jaén: Escuela Politécnica Superior de Linares, 2016.

EPSL. 2016. *TFG, Estudio y diseño de una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) para un municipio de 10000 habitantes*. Jaén: Escuela Politécnica Superior de Linares, 2016.

Ana Castaños García y Judit Ballesté Torres. *Proyecto Final de Carrera, Diseño y control de un invernadero de cultivo hidropónico autosuficiente.* Cataluña: Universitat Politècnica de Catalunya.

Copersa. 2019. *Fertiirrigación.* España: Copersa, 2019.

Yolanda Santiago Calvo. 2014. *Diseño de un invernadero para la producción de planta hortícola en la comarca de los Valles de Benavente (Zamora).* Palencia: Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias, 2014.

DVP. 2020. *Policarbonatos y Cubiertas.* Chile: DVP, 2020.

Polymerland. 2020. *Ficha técnica, Policarbonato Alveolar.* Chile: Polymershapes Company, 2020.

Tatiana Antón Corredor. 2017. *Trabajo Fin de Grado, Proyecto de construcción de un invernadero para producción de cultivos ecológicos con incorporación de energías renovables para autoabastecimiento energético.* Valladolid: Universidad de Valladolid, 2017.

Patricia Marín Membrive. 2011. *Estudio del comportamiento resistente en campo de un invernadero tipo "Almería".* Almería: Universidad de Almería, 2011.

Junta de Andalucía. *Fecha de acceso: 18 de febrero de 2020.* Enlace: https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/ria/servlet/FrontController?action=Static&url=listadoEstaciones.jsp&c_provincia=23

MITECO. *Fecha de acceso: 18 de febrero de 2020.* Enlace: http://eportal.miteco.gob.es/websiar/SeleccionParametrosMap.aspx?dst=2

MITECO. *Fecha de acceso: 20 de febrero de 2020.* Enlace: https://www.chguadalquivir.es/saih/DatosHistoricos.aspx

Junta de Andalucía. *Fecha de acceso: 20 de febrero de 2020.* Enlace: https://ws142.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/fit/clima/inicio.do

Tragsa. *Fecha de acceso: 14 de marzo de 2020.* Enlace: https://www.tragsa.es/es/Paginas/default.aspx

Senninger. *Fecha de acceso: 5 de junio de 2020.* Enlace: https://www.senninger.com/

Regaber. *Fecha de acceso: 6 de junio de 2020.* Enlace: https://regaber.com/productos/valvuleria/

ARCUS. *Fecha de acceso: 7 de junio de 2020.* Enlace: https://www.futurasmus-knxgroup.es/buscar.php?fabricante=42

Alibaba. *Fecha de acceso: 18 de junio de 2020.* Enlace: https://offer.alibaba.com/cps/o20a17hd?bm=cps&src=saf&pid=361107&tp1=102c7918e24a66dd5b80c37ba27aba

Amazon. *Fecha de acceso: 18 de junio de 2020.* Enlace: https://www.amazon.es/

Google. *Fecha de acceso: 20 de junio de 2020.* Enlace: https://www.google.com/

Google Imágenes. *Fecha de acceso: 20 de junio de 2020.* Enlace: https://www.google.es/imghp?hl=es&tab=wi&authuser=0&ogbl

Google Maps. *Fecha de acceso: 20 de junio de 2020.* Enlace: https://www.google.es/maps/preview