

DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN MEDIANTE REDES INALÁMBRICAS DE UN INVERNADERO PARA PRODUCCIÓN DE PAPAYA

Omar García Tejera

[\(ogarciatejera@gmail.com\)](mailto:ogarciatejera@gmail.com)

Ingeniero Agrónomo

Universidad de La Laguna, Diciembre de 2010

Director: Axel Ritter Rodríguez

RESUMEN

1. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO

Se redacta este proyecto con el fin de cumplir con uno de los requisitos para la obtención de la Titulación de Ingeniero Agrónomo, que es, la realización del Trabajo o Proyecto de Fin de Carrera, asignatura obligatoria que incluye el plan de estudios de Ingeniero Agrónomo del año 1994.

El presente proyecto tiene por objeto el acondicionamiento de una finca para el cultivo de papaya bajo invernadero con sistema de automatización basado una red de sensores inalámbrica.

2. PROMOTOR

El promotor del proyecto es la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria bajo la dirección del Dr. Axel Ritter Rodríguez (Departamento de Producción y Economía Agraria, Universidad de La Laguna) y del Dr. Carlos M. Regalado Regalado (Departamento de Suelos y Riegos, Instituto Canario de Investigaciones Agrarias).

3. LOCALIZACIÓN

La parcela se localiza en Valle de Guerra, en el término municipal de La Laguna, junto a la TF-122.

Dispone de una superficie de 5.872,55 m² situándose en las siguientes coordenadas: latitud 28°30'50" N y longitud 16°23'12" W.

La parcela linda en su cara sur con la TF-122 y en su cara Norte con otra parcela de la misma finca en la que se cultivan plataneras. Al este existen terrenos sin cultivar y al oeste otras parcelas con cultivos de aguacates.

4. ANTECEDENTES

La zona objeto del presente proyecto se ha caracterizado por poseer una marcada tradición agrícola, sobretodo en el cultivo de platanera, vid y ornamentales.

A continuación se expondrán los principales condicionantes que definen la zona objeto del proyecto.

4.1 Condicionantes agronómicos

4.1.1 Clima:

Los datos climatológicos mostrados en el Anejo nº 7 han sido extraídos de la estación de ISAMAR (TF105) en Valle Guerra. Ésta se encuentra situada a 293 m.s.n.m a una longitud de 16° 23' 15" W y una latitud de 28° 30' 45" N. Se ha escogido dicha estación por su cercanía a la parcela donde se efectuará el proyecto y por la gran serie de datos que posee (más de 25 años).

De los valores extraídos, el más importante a tener en cuenta para el presente cultivo es la temperatura, ya que valores por debajo de 12°C durante un cierto periodo da lugar a frutos deformes sin valor comercial.

Los datos de temperatura están expuestos como valores medios mensuales, dándose la temperatura máxima en el mes de septiembre con 25,6°C y la mínima en el mes de febrero y marzo con 14°C respectivamente. A esto hay que sumarle que el cultivo va a situarse bajo invernadero, lo que incrementará estos valores significativamente.

Con todo lo anterior se deduce que el emplazamiento no presenta ninguna restricción climática para el cultivo.

4.1.2 Suelo

En cuanto al suelo, se trata de una zona abancalada con terreno sorribado, anteriormente cultivado de platanera.

Los análisis expuestos en el Anejo nº 9, muestran que será necesario incrementar los niveles de materia orgánica mediante aportaciones de estiércol maduro de vacuno o similar a razón de $7,57 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ durante seis años, pasado ese tiempo sólo será necesario aportar el valor de reposición. También será necesario reducir ligeramente el valor de pH hasta situarlo en un rango entre 5,5 y 6,7; que es el óptimo para el cultivo. Para lograrlo se realizarán aportes de yeso lo que además permitirá aumentar el contenido en calcio para situarlo en unos niveles óptimos.

Tabla 1. Análisis de los resultados.

Determinación	Unidades	Resultado	Evaluación	Niveles Recomendados
Materia orgánica	%	1,4	Baja	1,5 – 2,5
Fósforo (Olsen)	ppm	76	Bajo	80 - 120
Sodio	% CIC	13,69	Alto	< 5
Potasio	% CIC	21,9	Alto	2 – 12
Calcio	% CIC	39	Bajo	40 – 70
Magnesio	% CIC	19,2	Bajo	20 – 30
pH pasta saturada	Adimensional	6,9	Alto	6 – 8
CE a 25°C en extrac. sat.	dS/m	0,89	Bajo	1,5 – 2,5
Porcentaje de saturación	%	42	Normal	42 – 59

4.1.3 Agua de riego

El agua para el riego procede de un depósito situado aguas arriba de la explotación. A la salida en la parcela se obtiene una presión de 10,5 m.c.a.

En cuanto a la calidad del agua de riego, según el análisis realizado, el dato más significativo es el del pH, con un valor de 8,82, lo que obliga a reducirlo hasta un pH = 7 mediante la adición de ácidos durante la fertirrigación.

Tabla 2. Análisis de agua

ANÁLISIS DE AGUA											
Identificación	pH	CE	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	S-SO ₄ ²⁻	N-NO ₃ ⁻
Unidades		dS.m ⁻¹	meq ^l ⁻¹	meq ^l ⁻¹	meq ^l ⁻¹	meq ^l ⁻¹	meq ^l ⁻¹	meq ^l ⁻¹	meq ^l ⁻¹	meq ^l ⁻¹	ppm
Agua Isamar	8,82	0,79	0,41	2,26	6,14	0,32	0,97	4,69	2,92	0,62	0,1

4.2 Topografía.

Para conocer las pendientes del terreno fue necesaria la realización de un levantamiento topográfico de la parcela (Anejo nº1).

Tras realizarlo se obtuvo que las pendientes obtenidas van desde un 0,3% en el perfil Norte-Sur a un 1,56% en el perfil Este-Oeste.

Analizando estos datos se ha llegado a la conclusión de que no será necesario realizar ningún tipo de nivelación para comenzar con el cultivo.

4.3 Condicionantes urbanísticos

Según lo expuesto en el Plan Insular de Ordenación del territorio (PIOT) la parcela objeto del proyecto se encuentra en suelo rústico, por lo que no existen problemas para llevar a cabo las obras.

5. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y ELECCIONES TOMADAS

5.1 Tipo de cultivo

De entre los posibles cultivos típicos de la zona se ha optado por la papaya, ya que se trata de una planta con un crecimiento rápido, bastante productiva y con un mercado creciente dentro y fuera de las islas. Además posee un precio medio aceptable a lo largo del año.

5.2 Variedad elegida

Existe una amplia gama de variedades de papayas, entre estas se ha seleccionado la variedad *Intenzza* debido a que se trata de una variedad de tipo híbrida con una

producción de 150-200 kg por planta y una excelente postcosecha lo que la convierte en una excelente opción para la producción de fruta para exportación.

5.3 Marcos de plantación

Para esta variedad existen varios marcos recomendados (línea sencilla con pasillos de 3 m y 2 m entre plantas 2 m, o líneas dobles con separadas 2 m con pasillos de 4 m y una separación entre planas de 2 m) .

Para el presente se ha optado por líneas sencillas con pasillos de 4 m y una separación entre plantas de 2 m, ya que se trata de plantas con mucho vigor. Esta opción permite una mejor aireación lo que reduce la incidencia de enfermedades como el Oidio (*Oidium caricae*), y permite una mejor penetración de la luz en el cultivo.

5.4 Tipo de invernadero

Se han barajado distintas opciones pero finalmente se ha optado por un invernadero tipo multicapilla. Este se caracteriza por la forma de su cubierta y por su estructura totalmente metálica. El empleo de este tipo de invernadero se está extendiendo por su mayor capacidad para el control de los factores climáticos, su gran resistencia a fuertes vientos y su rapidez de instalación al ser estructuras prefabricadas. Los soportes son de tubos de hierro galvanizado y tienen una separación interior de 5 x 8 m o 3 x 5 m.

El ancho de estas naves está comprendido entre 6 y 9 m y permiten el adosamiento de varias naves en batería. La ventilación es mediante ventanas cenitales que se abren hacia el exterior del invernadero.

Ventajas de los invernaderos tipo túnel:

- Estructuras con pocos obstáculos.
- Buena ventilación.
- Buena estanqueidad a la lluvia y al aire.
- Permite la instalación de ventilación cenital a sotavento y facilita su accionamiento mecanizado.
- Buen reparto de la luminosidad en el interior del invernadero.
- Fácil instalación.

Inconvenientes:

- Elevado coste.
- No aprovecha el agua de lluvia.

A pesar de que supone un coste superior, se ha optado por la última opción, ya que permite una mejor automatización de la ventilación y posee una mejor estanqueidad que las otras opciones, mejorando así el control sobre la temperatura y evitando problemas en la floración por bajas temperaturas.

5.5 Material de cubierta

Debido a la necesidad de una elevada estanqueidad, la malla quedó descartada desde el principio. Por otro lado los materiales rígidos tipo vidrio no son viables para este proyecto debido a su elevado coste. Por lo que la opción que queda es el uso de materiales flexibles. De entre la amplia variedad disponible en el mercado se ha optado por una cubierta a base de polietileno (PE) con aditivos térmicos que dan una mayor estanqueidad al infrarrojo largo

6. INGENIERÍA DE PROCESO

6.1 Descripción del cultivo

Se trata de una planta herbácea con un crecimiento rápido, aunque puede alcanzar alturas de hasta 10m su producción sólo es rentable durante los dos primeros años.

6.2 Material de plantación, transplante y marco de plantación.

El material usado proviene de semillas. Éstas son cultivadas y endurecidas en vivero.

Las plantas vienen en bandejas de 220 cavidades con una profundidad de unos 10cm o más. El transplante se realiza cuando el material vegetal tiene una altura de unos 20cm, sembrándose cuatro plantas por golpe para realizar más tarde el sexado de las mismas desechando las que no sean hermafroditas.

El marco de plantación es de 2 x 4 m tal y como se ha expuesto anteriormente.

6.3 Periodo productivo

El periodo desde que se realiza el trasplante al terreno hasta que se inicia la producción es de 9 meses. Por lo que si la plantación se realiza en Junio, el primer año de producción sólo se recolectarán frutos durante el periodo desde Abril a Junio, sin embargo, en este periodo es donde se concentra el 43% de la producción el resto se distribuye a lo largo del siguiente año.

6.4 Labores de cultivo

6.4.1 Control de malas hierbas

La primera medida a tomar será el arado para la preparación del terreno 15 días antes de la plantación. Seguidamente, se aplicará un riego para estimular la brotación de las malas hierbas, cuando éstas hayan germinado se desbrozará el terreno reduciendo así de forma paulatina la cantidad de semillas de malas hierbas.

Tras la plantación es importante seguir controlando la aparición de malas hierbas ya que compiten por nutrientes con el cultivo y son reservorio de plagas y enfermedades.

6.4.2 Desflorillado

Es una labor de suma importancia y se debe realizar a primera hora de la mañana cuando las flores son tiernas para minimizar los daños.

Se deben eliminar aquellas flores deformes que darán lugar a frutos carpeloides que no poseen valor comercial, dejando un máximo de 3 flores, ya que si se dejan más los frutos rozarán y se producirán heridas que suponen una vía de entrada de patógenos.

6.4.3 Control de plagas y enfermedades

Se hará un especial hincapié en la prevención. Para ello las puertas sólo se abrirán cuando sea necesario y se cerrarán lo más rápidamente posible. Las mallas

protectoras de las ventanas deberán estar en perfectas condiciones sustituyéndolas en caso de rotura o desperfecto.

Los tratamientos fitosanitarios se realizarán cuando el técnico responsable lo estime oportuno y siempre con productos autorizados para el cultivo.

Cualquier planta que presente síntomas de virosis ha de ser inmediatamente arrancada y quemada para evitar la propagación del virus.

6.4.4 Recolección

Al tratarse de papaya destinada al mercado de exportación la recolección se realizará cuando el fruto posea un 15% de coloración amarilla. Si se recolecta antes no madurará correctamente, y si se recolecta más tarde la vida del producto se acorta.

La recolección se realizará de forma manual. Cuando sea necesario se usará una escalera para poder alcanzar los frutos.

Las papayas se envolverán en papel de periódico o similar y se colocarán en cestas de forma vertical y con un solo nivel de frutas para evitar daños que disminuyan la vida del producto durante la postcosecha.

6.5 Fertirrigación

Las necesidades de nutrientes se han tomado de la pagina web del proveedor de la semilla www.semillasdelcaribe.com.mx, dividiendo las aportaciones en tres periodos.

Tabla 3. Cantidad de fertilizante necesaria expresado en $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

	Mes 1-4	Mes 5-8	Resto de cosecha
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	172,448	716,5876	819,019
H_3PO_4 ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	83,888	131,32	80,85
K_2SO_4 ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	345,4626	729,9684	997,8675
MgSO_4 ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)		86,4513	127,0908
H_2SO_4 ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	163,366	139,65	164,836

Los fertilizantes se distribuirán en dos depósitos más uno de ácido, usando depósitos de 2000l para los nutrientes y otro de 25 litros para el ácido.

Los nutrientes quedarán distribuidos de la siguiente forma:

Tabla 4. Disposición de los fertilizantes en los tanques.

Tanque 1	Tanque 2	Tanque de ácido	Tanque 1
Ca(NO ₃) ₂	H ₃ PO ₃	H ₂ SO ₄	Ca(NO ₃) ₂
	KSO ₄		

Cada 4 riegos será necesario reponer los fertilizantes dentro de los Tanques 1 y 2, el ácido sin embargo, se repondrá cada 7 riegos.

7. INGENIERÍA DE OBRAS

7.1 Invernadero

En la parcela se construirá un invernadero multicapilla de 4400 m² modelo P 8 x 5 m. Para ello se irán adosando módulos de 8 m de anchura con una distancia de 5 m entre pilares interfrontales y 2,5 m entre pilares exteriores. La altura bajo el canalón es de 5m y hasta la cumbrera son 6,6m. Todas las piezas irán unidas mediante tornillería, no existiendo ningún tipo de soldadura, lo que permite adosar o quitar módulos en función de las necesidades.

La cubierta de plástico de 800 galgas va sujeta a la estructura mediante perfiles tipo omega tal y como se muestra en el esquema del Anejo nº2.

Los materiales correspondientes a la tornillería se elaboran siguiendo la norma de calidad AENOR 25 032, UNI 3740, AST H F 1136 88. La estructura está adaptada al proyecto europeo prEn 130331-1 "Greenhouses: design and Construction Part 1: Commercial Production Greenhouses " y a la norma española UNE-EN 13031-E.

Este tipo de invernaderos poseen una estructura patentada por la empresa suministradora, sin embargo, se realizarán cálculos justificativos para comprobar la fiabilidad del diseño en nuestro emplazamiento.

Para la comprobación de la estructura se ha seguido lo dispuesto en el NTE, ya que al contrario que el CTE contempla el caso de los invernaderos y es más restrictivo en cuanto a las hipótesis de viento.

7.1.1 Estructura del invernadero

La estructura del invernadero está conformada por perfiles tubulares y cuadrados con protección por galvanización en caliente por el sistema discontinuo de inmersión en balsas de Zinc fundido entre 445 y 465°C consiguiendo un espesor de capa entre 50 y 60 μm .

La descripción de las estructuras es la siguiente:

- Pilares

- *Interiores*: se trata de perfiles rectangulares situados en el interior de la estructura separados 5m y con una altura de 5m. Sus dimensiones son: 100 x 50 x 4mm.
- *Exteriores*: poseen las mismas dimensiones que los anteriores, sin embargo, estos están situados en el exterior del invernadero y separados 2,5 m unos de otros. La altura también coincide con los anteriores.
- *Interfrontales*: Se encuentran separados a una distancia de 2,5m de los pilares exteriores. Van desde el suelo hasta el arco frontal y serán necesarios dos por cada frontal. Sus dimensiones son de 80 x 50 x 3mm.

- Refuerzos de los frontales

- *Arriostramientos frontales*: Se fijan uniendo pilares cortaviento a pilares interfrontales. Se colocan dos por cada frontal de 8m, lo que resulta en un total de veinte. Sus dimensiones son 80 x 50 x 3 mm.
- *Arriostramiento lateral*: Se trata de refuerzos laterales colocados en el primer vano de la línea de pilares exteriores de cada frontal, fijando una parte al extremo inferior del primer pilar y la otra al extremo superior del siguiente. En total serán seis con iguales dimensiones que los anteriores.

- Arriostramiento central en K: Refuerzos interiores en “K” situados en el primer vano de la línea de pilares interiores. Se colocarán dos unidades por cada línea de pilares interiores, lo que hace un total de ocho unidades. Éstos tendrán las mismas dimensiones que los dos anteriores.

- Estructura de la cubierta

- La cubierta está formada por arcos tubulares de diámetro 50 x 2 mm de espesor situados cada 2,5m.
- Colocado de forma transversal se dispone un tirante tubular de diámetro 50 x 1,5mm de espesor situado cada 5m. Sobre éste van fijados tres tirantillos de diámetro 30 x 1,5mm de espesor.
- En sentido longitudinal a la nave van fijados unos tirantes en “zigzag” de diámetro 35 x 1,5mm de espesor, unidos por un lado al tirante transversal y por otro al arco formando una “V”.

7.1.2 Sistema de evacuación del agua de lluvia

Para la evacuación del agua de lluvia se usan unos canalones situados a lo largo de la línea de pilares de dimensiones 5060 x 495mm y 1,5mm de espesor. Estos terminan en una bajante tubular.

7.1.3 Sistema de ventilación

La regulación de la temperatura y la humedad relativa se realiza mediante la apertura y cierre de ventanas tipo cenital corridas de medio arco compuestas por brazos tipo compás de 50 x 30 x 2mm galvanizados en Sedzimir y situados cada 2,5m. Estos brazos van unidos por un lado a las ventanas y por otro a un tubo de 1” de diámetro galvanizado en caliente. La unión entre el tubo y el brazo se realiza mediante una cremallera a base de “U” troquelada y galvanizada en Sedzimir y con piñón de bronce. El sistema es accionado mediante 5 motores de 0,5CV (uno por cada nave).

7.1.4 Cimentación

La cimentación de todos los pilares está compuesta por hoyos cuadrados de 40 x40 x 150 cm que irán rellenos de hormigón ciclópeo tipo HM 12,5/B/40.

7.2 Nave de aperos

Para el alojamiento del cabezal de riego, aseos, garaje, almacén de productos fitosanitarios y oficinas donde se situará el ordenador encargado de gestionar el sistema de automatización. Se ha diseñado una nave de aperos de 6m de ancho por 12 m de largo ocupando una superficie total de 72 m².

7.2.1 Movimimientos de Tierra

Se han realizado labores de desbroce del terreno y excavación de zanjas y pozos para la cimentación. No ha sido necesario ningún tipo de nivelación ya que se trata de una parcela de cultivo y que se encontraba perfectamente nivelada.

El volumen total excavado para la colocación de los elementos de cimentación es de: 29 m³.

7.2.2 Cimentación

La cimentación está compuesta por zapatas de hormigón armado HA-25/B/20/IIa cuyas dimensiones se muestran en el cuadro adjunto:

Tabla 5. Dimensiones de las zapatas

Zapatas	Dimensiones	Armaduras
Esquinas superiores (N3 y N11)	Zapata cuadrada Ancho: 220 cm Canto: 60 cm	Sup X: 12Ø12 c/ 18 Sup Y: 12Ø12 c/ 18 Inf X: 12Ø12 c/ 18 Inf Y: 12Ø12 c/ 18
Centrales (N7 y N5)	Zapata cuadrada Ancho: 250 cm Canto: 60 cm	Sup X: 14Ø12 c/ 18 Sup Y: 14Ø12 c/ 18 Inf X: 14Ø12 c/ 18 Inf Y: 14Ø12 c/ 18
Esquinas inferiores (N9 y N1)	Zapata cuadrada Ancho: 215 cm Canto: 65 cm	Sup X: 12Ø12 c/ 17 Sup Y: 12Ø12 c/ 17 Inf X: 12Ø12 c/ 17 Inf Y: 12Ø12 c/ 17

Las zapatas estarán unidas mediante vigas riostras de 40x40 cm y con una armadura interior compuesta por redondos con las siguientes características: superior: 2 Ø12, inferior: 2 Ø12, estribos: 1xØ8 c/ 30.

7.2.3 Estructura

Sobre las zapatas se sitúan placas de anclaje que servirán de unión entre los pilares y la cimentación. Estas poseen rigidizadores para impedir el movimiento en un plano y asegurar que el pilar queda empotrado.

Las placas de anclaje poseen las dimensiones siguientes:

Tabla 6. Placas de anclaje

Referencia	Placa base	Disposición	Rigidizadores	Pernos
N1,N9	Ancho X: 300 mm Ancho Y: 450 mm Espesor: 18 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x0x5,0)	4Ø16 mm L=45 cm Gancho a 180 grados
N3,N11	Ancho X: 350 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 18 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x0x5,0)	4Ø20 mm L=40 cm Gancho a 180 grados
N5	Ancho X: 300 mm Ancho Y: 400 mm Espesor: 15 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x0x6,0)	6Ø16 mm L=40 cm Gancho a 180 grados
N7	Ancho X: 300 mm Ancho Y: 400 mm Espesor: 15 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x0x7,0)	6Ø16 mm L=40 cm Gancho a 180 grados

La nave está compuesta por 3 pórticos separados a un agua con una altura a hombros de 4m y de 5m a cumbre, y separados 6m entre ellos

Los pilares de la nave están constituidos por perfiles IPE compuestos por acero S 275.

Los pórticos frontal y trasero están constituidos por perfiles IPE- 270 en los pilares de 4m y por perfiles IPE- 300 en los pilares de 5m. Los dinteles que conforman dichos pórticos están constituidos en perfiles tipo IPE- 140.

Para el pórtico intermedio tanto los pilares como el dintel está compuesto por perfiles IPE- 200.

Todos los pórticos se encuentran unidos en la parte superior mediante perfiles IPE-80 biarticulados.

La cantidad de acero a emplear en la estructura será de 3731,232 kg.

7.2.4 Cubierta

La cubierta está constituida por paneles tipo sándwich de 40 mm de espesor, constituido por paneles de chapa de acero en perfil comercial, prelacados la cara exterior y galvanizada la cara interior de 0,5 mm, con núcleo de poliestireno expandido de 20 kg/m³.

7.2.5 Albañilería

El cerramiento exterior se realizará con bloques de hormigón vibrado de 50 x 20 x 20 asentado con mortero hidrófugo de cemento y arena 1:6 con juntas horizontales a listón de 2 cm rehundidas, ejecutada de acuerdo a las indicaciones de la NTE-FFB 10. La superficie de cerramiento será de 146,34 m²

Para los tabique interiores se usará bloque de hormigón vibrado 50 x 20 x 12 cm con una altura total inferior a 3,5 m, asentado con mortero de cemento y arena 1:6, ejecutada de acuerdo a las indicaciones de la NTE-FFB 10. La superficie total es de 31,62 m²

7.2.6 Solados

La nave llevará una solera de de hormigón armado de 10 cm. de espesor, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa, de central, y armado con malla electrosoldada de 15 x 15 cm.

En el baño el pavimento estará formado por un alicatado con plaqueta de gres esmaltado de 15 x 15 cm con junta de 1 cm en vez de la solera anterior.

7.2.6 Alicatados

En el baño se colocará un alicatado con azulejo blanco 15x15 cm tipo único, recibido con mortero de cemento CEM II/B-M 32,5 R y arena de miga 1/6 y rejuntado con lechada de cemento blanco BL-V 22,5.

7.2.7 Fontanería

Del contador de 1 ¼" conexas al ramal de acometida y a la red de distribución interior se colocará una tubería de de polibutileno de 12 mm de diámetro con

protección superficial con tubo corrugado de PVC, que suministrará agua a una presión mínima de 10 m.c.a.

Los elementos de consumo son:

- Lavabo: Diámetro = 12 mm
- Inodoro: Diámetro = 12 mm
- Plato de ducha: Diámetro = 12 mm
- Grifo: Diámetro = 12 mm

7.2.8 Saneamiento y drenaje

Estas instalaciones permitirán la evacuación de las aguas negras y grises así como la evacuación del agua de lluvia.

Para la retirada tanto de las aguas grises como de las negras se instalará una tubería de PVC de 63 mm de diámetro interior que irá conectada a las derivaciones individuales de cada uno de los elementos de consumo citados en el apartado anterior.

Tabla 7. Diámetros de las derivaciones individuales

	Diámetro mínimo de sifón y derivación individual
Lavabo	32 mm
Ducha	40 mm
Inodoro	100 mm
Desagüe garaje	40 mm

Todos estos elementos derivan en una arqueta sifónica de 40 x 40 x 50 cm que se conectará con la fosa séptica prefabricada de hormigón centrifugado, con filtro de hormigón y separador de grasas con capacidad para 5 personas y solera de hormigón H-20/P/25/I-IIa elaborado en central de 15 cm de espesor.

La evacuación de las aguas pluviales en la cubierta serán recogidas mediante un canalón curvo de 130mm de diámetro de PVC y llevadas a través de un bajante de 63 mm de diámetro de PVC hasta una cubeta base de pozo de registro, constituida por una pieza prefabricada de hormigón armado, de 180 cm de diámetro interior y de 110 cm de altura total, colocada sobre solera de hormigón HM-20/B/40/I.

7.2.9 Electricidad

Cerca de la parcela existe una red de baja tensión, por lo que se realizará el enganche a esta mediante una acometida con tres fases y un neutro de 6 mm² de cobre. Dicho cable irá conectado a las cajas generales de protección tanto para monofásica como para trifásica.

Desde este punto partirán todas las líneas de la nave.

La puesta a tierra está constituida por placa de acero galvanizado de 500 x 500 x 3 mm, y un cable de cobre de 35 mm². Estará conectada a las armaduras del edificio.

Los elementos que se han tenido en cuenta para los cálculos de la instalación eléctrica así como sus correspondientes circuitos quedan resumidos en el cuadro siguiente:

Tabla 8. Resumen de elementos de cálculo y sus líneas de acometida

CA1	Iluminación de Cabezal de riego, oficina, cuarto de fitosanitarios y baños
CA2	Iluminación garaje
CA3	Invernadero, electroválvula y programador
CF1	1 toma trifásica en el garaje
CF2	Bomba de riego
CF3	2 tomas monofásicas en garaje y oficina una en el cabezal de riego

La iluminación estará constituida por luminarias industriales sin reflector ni difusor, a razón de dos tubos por lámpara con una potencia de 32 W. Se ha seleccionado el modelo TL-D-ECO de 32W con flujo luminoso de 3250 lumen.

Las lámparas irán colocadas a 4 metros de altura en el garaje y a 3 m en el resto de dependencias.

La distribución de las luminarias dentro de la nave será la siguiente:

- Cuarto de fitosanitarios: 1 luminaria.
- Garaje: 2 luminarias.
- Baño: 1 luminaria.

- Cabezal de riego: 1 luminaria.
- Oficina: 1 iluminaria.

A continuación se muestra un cuadro resumen con las secciones de los conductores por línea, así como la potencia e intensidad.

Tabla 9. Sección, intensidad y potencia de las líneas eléctricas.

Circuito	Tipo de corriente	Sección conductor (mm ²)	I conductor (A)	I calculada (A)	I nominal (A)	Potencia (W)
CA1	Monofásica	1,5	11	2,23	5	256
CA2	Monofásica	1,5	11	0,56	5	64
CA3	Monofásica	1,5	11	4,48	5	1.864
CF1	Trifásica	4	20	16,9	20	10.000
CF2	Trifásica	1,5	11	2,87	10	1.193
CF3	Monofásica	4	20	15,8	20	3.450

Por último las potencias de cálculo y contratada son de 15.972 W y 20.000W respectivamente.

7.2.10 Carpintería y cerrajería

La nave tendrá 5 ventanas, 2 de ellas de 2 hojas de aluminio lacado en color, de 150 x 120 cm y 3 de ellas de 1 hoja de aluminio lacado en color, de 85 x120 cm.

En el garaje se colocará una puerta corredera suspendida de dos hojas con accionamiento manual de chapa plegada de acero galvanizado de 0,8 mm, de 3 x 3 m. Para el acceso a la zona del cabezal se usará una puerta de una hoja de 2 x 2 m con las mismas características que la anterior.

Las puertas interiores para separar espacios, serán todas tipo: serie económica lisa hueca (CLH) de pino para pintar, con cerco directo de pino macizo 70 x 50 mm, tapajuntas lisos de DM rechapados de pino 70 x 10 mm en ambas caras y herrajes de colgar y de cierre latonados.

7.2.11 Instalación contra incendios

La protección se realizará con extintores de dióxido de carbono o polvo seco capaces de sofocar fuegos de tipo ABC.

Se instalarán dos extintores de polvo de 6kg uno en el cabezal y otro en el cuarto de fitosanitarios, tal y como se muestra en el plano de distribución de la nave.

Los extintores se situarán en zonas de fácil visibilidad y con placas de señalización, próximos a los lugares donde se considera que existe un mayor riesgo de inicio de un incendio. Estarán colocados de manera que la parte superior no exceda una altura superior a los 1,5m de altura desde el suelo.

7.3 Sistema de riego

Siguiendo el diseño agronómico desarrollado en el Anejo nº7, para la elaboración del sistema de riego se han estimado las necesidades hídricas del cultivo para el periodo de máxima demanda, en la zona objeto del proyecto. Para ello se ha usado el método de Penman-Monteith modificado, usando los datos meteorológicos proporcionados por la estación de ISAMAR del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA).

Se ha determinado con dicha ecuación el valor de la evapotranspiración de referencia (ET_0) y aplicando un valor de coeficiente de cultivo (K_c) proporcionado por el ICIA para el cultivo seleccionado para el presente proyecto, se ha obtenido un demanda hídrica de $3,89 \text{ mm}\cdot\text{día}^{-1}$.

Para adaptar los datos obtenidos a las condiciones bajo plástico, se ha elaborado relaciones mediante la comparación de datos de estaciones próximas, comparando aquellos datos obtenidos en exterior y bajo invernadero. Mediante estas relaciones se ha obtenido un nuevo valor de ET_0 de $3,45 \text{ mm}\cdot\text{día}^{-1}$

Con este valor y teniendo en cuenta las necesidades de lavado y la probabilidad de que ese valor de ET_0 se vea superado, se obtienen unas necesidades totales de $4,81 \text{ mm}\cdot\text{día}^{-1}$.

Para poder satisfacer esta demanda será necesario regar la parcela en un solo turno durante 7 horas 4 veces por semana.

Para hacerlo se usarán goteros autocompensantes tipo Uragota integrados en una tubería lateral de PEBD de 16 mm de diámetro separados 1m y con un caudal de $2,4 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$.

Los laterales irán separados 2m unos de otros.

Para la terciaría se ha seleccionado una tubería LPDE de 0,4MPa, con un diámetro de 32mm. Ésta ira conectada con una electroválvula tipo solenoide de 1" encargada del inicio y parada del riego.

Desde la terciaría al cabezal será necesaria una tubería de PEBD de 0,63MPa con un diámetro interior de 75mm.

El cabezal estará constituido por los siguientes elementos:

- 2 Filtros de arena de \varnothing 26 cm en paralelo con arena de diámetro efectivo de 1 mm y CU < 1,5.
- 1 Filtro de malla
- 1 Programador electrónico marca Dosabox de 4 estaciones digital con sonda de pH y conductividad eléctrica y tanque de premezcla.
- 2 depósitos de 2000 l para la incorporación de fertilizante, más 1 de ácido de 25 l.
- 1 Contador tipo Woltman de 2".
- Válvulas de bola codos y tubería.
- Ventosa purgadora de doble propósito de 60 mm de diámetro.

Para poder alcanzar la presión necesaria, se usará una electrobomba centrífuga monocelular de eje vertical con bridas, cuerpo de fundición e impulsor de acero inoxidable de 1,6 CV de potencia.

El agua necesaria para el riego se obtendrá de una toma a pié de finca, para la conexión de dicha toma a la red de riego será necesaria la instalación de una tubería de PEBD de 0,63 MPa.

7.4 Sistema de automatización

El control de riego se apoyará en medidas del contenido de humedad de suelo (θ) y de conductividad eléctrica (CE) obtenidas con sensores (ver Anejo nº 11). Las señales de éstos se enviarán a un ordenador mediante un sistema de transmisión de datos y control inalámbrico basado en tecnología ZigBee. Cuando el valor de θ ofrecido por

dicho sensores es menor al fijado por el usuario, entonces el software del ordenador evalúa el valor de la conductividad eléctrica (CE), si éste es menor que el dato fijado cómo límite por el usuario, entonces se envía una señal al cabezal para realizar la inyección de fertilizante necesario, al mismo tiempo que se abre la electroválvula para iniciar el riego. Si por el contrario el dato de CE es mayor que el fijado por el usuario, entonces únicamente se abrirá la electroválvula y se regará. En cualquiera de las dos situaciones el riego se debe detener cuando el frente húmedo alcanza el sensor situado a 41cm de profundidad.

Para el control de la temperatura (T^a) y humedad relativa (HR) en el interior del invernadero a través de la apertura y cierre de las ventanas lo cuál estará controlado con base a señales de un termohigrómetro y un anemómetro. Las señales de T^a y HR son enviadas al ordenador, y si el valor de T^a y/o HR es mayor al fijado por el usuario, se analiza la velocidad de viento (V_{viento}) en el exterior. Si ésta se encuentra por debajo de los valores límite fijados por la empresa suministradora del invernadero, entonces a través del ordenador se envía una señal a los motores encargados de accionar el sistema de ventilación y se producirá la apertura de las ventanas. Si mientras las ventanas están abiertas el valor del viento en el exterior superara el límite fijado por la empresa suministradora, se producirá el cierre de las mismas mediante el envío de datos al ordenador y de este a los motores.

Para la transmisión inalámbrica de las señales de los sensores se ha optado por la tecnología ZigBee, ya que se trata de una tecnología barata, robusta y cuyas características se adaptan perfectamente a las necesidades del proyecto.

Será necesaria la colocación de 3 nodos ZigBee End Device para el control de la humedad relativa, conductividad eléctrica y temperatura en el suelo y otro para el monitoreo de la temperatura y humedad ambiental.

Para la activación de los elementos de control se usarán nodos router, situándose uno en la electroválvula, otro en los motores encargados de la apertura y cierre de ventanas y otro en el programador de riego

Por último será necesaria la colocación del nodo coordinador, que irá conectado a un ordenador que estará permanentemente encendido y en el que tendrá instalado el software de control.

8. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Según lo expuesto en el Real Decreto 1627/97 de octubre sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción en su artículo 4. Se ha realizado para el presente proyecto un Estudio Básico de Seguridad y Salud.

En el Anejo nº14 del presente proyecto se detallan todas las medidas propuestas así como las acciones necesarias para reducir al máximo el riesgo de siniestralidad laboral.

La memoria de dicho anejo estará firmada por las partes implicadas, como prueba de la conformidad de asumir todas las responsabilidades que exija la ley y cumplir con todos los requisitos.

9. ESTUDIO BÁSICO DE IMPACTO ECOLÓGICO

Atendiendo a lo expuesto en la ley 11/1990 de 13 de Julio de Prevención de Impacto Ecológico, será necesaria la redacción de un Estudio Básico de Impacto Ecológico en el que se especificarán todas las acciones necesarias a realizar para reducir al máximo los impactos producidos en el medio ambiente como consecuencia de la ejecución y puesta en funcionamiento del presente proyecto.

Según lo descrito en el Anejo nº12 del presente proyecto, podemos calificar el impacto producido tanto en la fase de obra como en la de funcionamiento como **POCO O NADA SIGNIFICATIVO**.

10. ESTUDIO ECONÓMICO

En el Anejo nº16 se detallan las fórmulas empleadas para determinar la viabilidad económica del presente proyecto.

Para poder realizar una estimación de los beneficios y costes derivados de la puesta en marcha del cultivo de papayas bajo invernadero gestionado mediante sistemas inalámbricos, se han calculado el VAN y el TIR suponiendo un plazo de recuperación de la inversión de 20 años.

Los valores del VAN obtenidos para unas tasas de actualización del 4, 5 y 6% son de:

- VAN-4 : 0,72
- VAN-5: 0,63
- VAN-6: 0,54

Para el TIR los datos obtenidos pueden resumirse en la tabla siguiente:

Tabla 10. TIR asumiendo diversas hipótesis de variación de ingresos e inversión

Var. Ingresos	Variación inversión				
	10%	5%	0	-5%	-10%
-20%	5	6	6	8	8
-10%	9	10	10	12	13
0	13	14	14	16	17
10%	16	17	18	20	21
20%	20	21	22	23	25

Con los datos obtenidos se observa que la inversión resulta viable desde el punto de vista económico, ya que los valores correspondientes al VAN son todos positivos. También se puede observar en la tabla que hace referencia al TIR que la rentabilidad del proyecto es más sensible a una variación en los ingresos que a una variación en la inversión. Sin embargo, los datos recogidos acerca de los ingresos percibidos por la venta de papayas para exportación son bastante fiables por lo que no se prevén grandes variaciones en dichos datos

Es importante destacar que para los cálculos desarrollados en el citado anejo no se han tenido en cuenta las posibles reducciones de algunos gastos ordinarios tales como agua o fertilizantes, debidas al control de la fertirrigación por sensores. También es posible que se de un aumento de la producción debido a un manejo más eficiente de los recursos. Todo esto traería consigo un aumento de la rentabilidad de la explotación.

11. PRESUPUESTO

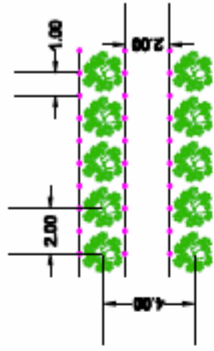
Los capítulos en los que se divide el presupuesto, así como el costo de la ejecución material y por contrata, se encuentran resumidos en el siguiente cuadro

Tabla 11. Resumen de capítulos y la inversión correspondiente

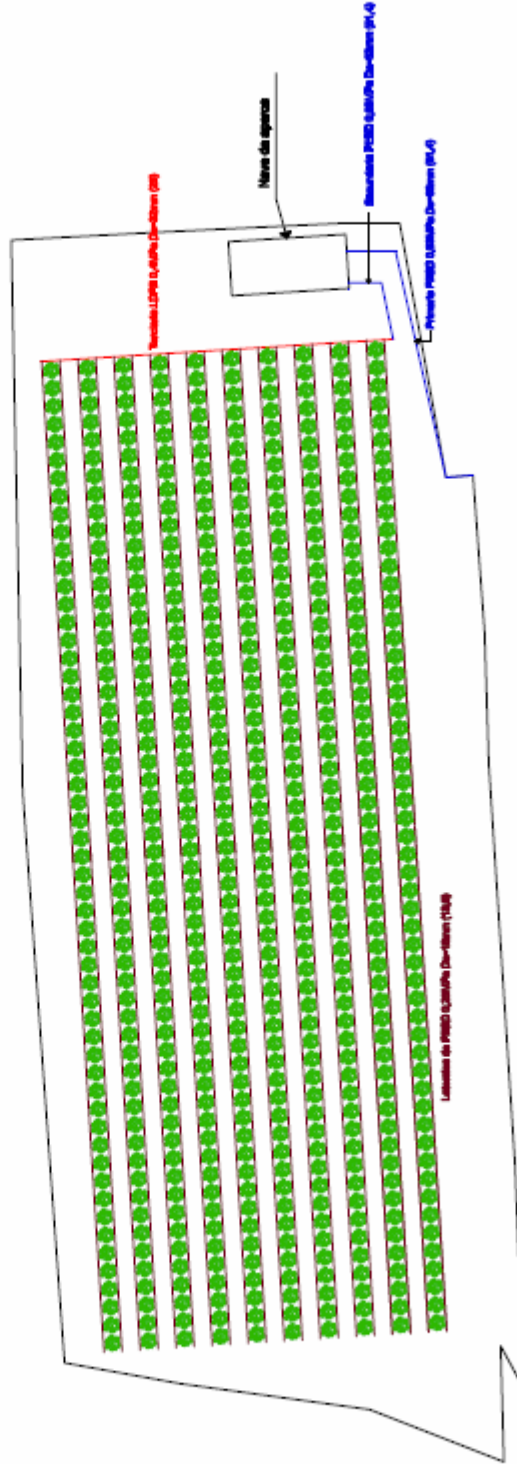
RESUMEN CAPÍTULOS	INVERSIÓN (€)
Invernadero	70.949,33
Cultivo	7.915,59
Sistema de riego	7.407,27
Sistema de redes inalámbricas	2.788,14
Nave de aperos	29.000
Seguridad y salud	993,25
Presupuesto de ejecución material	119.053,58
16% de gastos generales	19.048,57
6% de beneficio industrial	7.143,21
5% de I.G.I.C	5.952,68
Presupuesto de ejecución por contrata	151.200,00

En La Laguna, Diciembre de 2010.

Fdo: Omar García Tejera



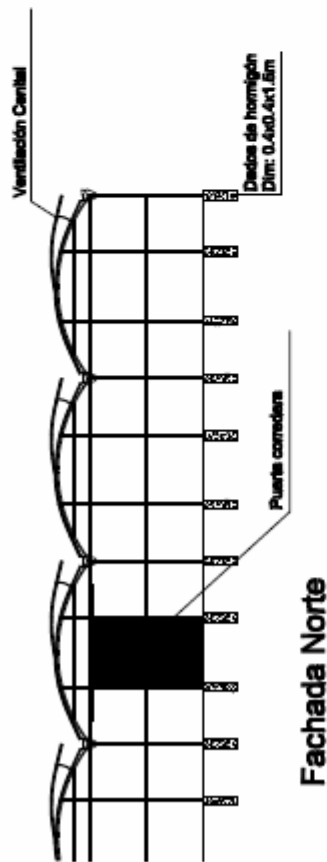
Cedera subcompactas $\varphi=2,40$
 PmIn trabajo 10m.c.a



Fecha	Revisión	Plan	UJI
Desplazado	Elaborado		
1:2000	Plantación y Riego (cotas en metros)		Plano nº 7
			Hoja número 18

Detalle fachada delantera

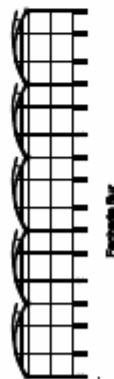
E 1:125



Fachada Norte

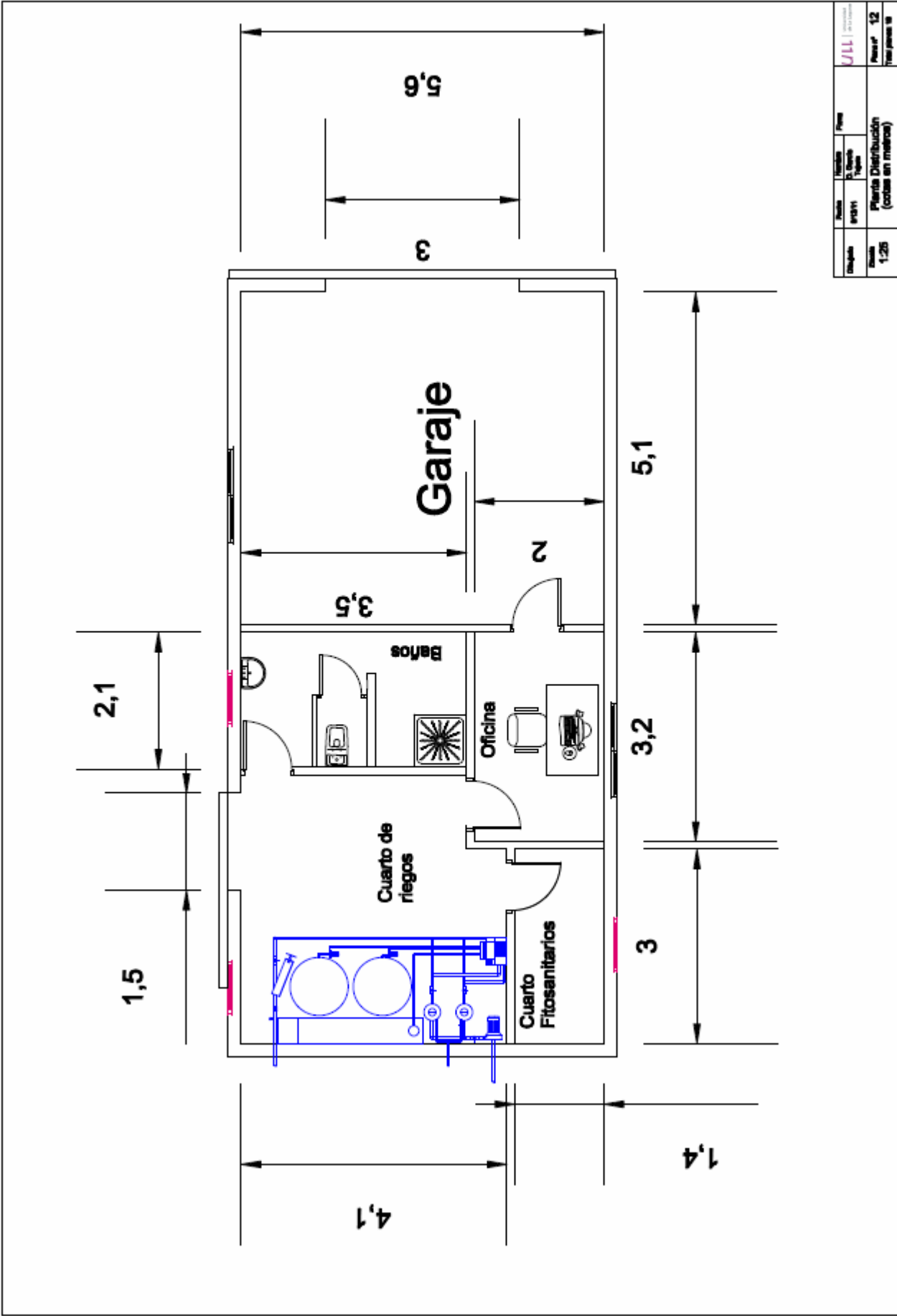


Fachada Este



Fachada Oeste

Fecha	18/01/11	Medida	1:250	Plano	4
Escala	1:250	Alzados	Intermedios	(cotas en metros)	
					UJI
					Planos 10



Equipo	Fecha	Medida	Plan
1-2/25	1/11/11	3,50x5,60	Plano
Planta Distribución (cotar en metros)			
Escala			Hoja 12
			Total Hojas 18