

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

**ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL**



MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

***PROYECTO DE INSTALACIÓN DE RIEGO
LOCALIZADO Y BOMBEO SOLAR PARA
UNA PLANTACIÓN DE PISTACHOS EN LOS
T.M. DE MORA DE RUBIELOS Y VALBONA
(TERUEL)***

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Alumno: Alba Pérez Albalade

Tutor: Iban Balbastre Peralta

Curso académico: 2018/2019

Valencia, Julio de 2019

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE RIEGO Y BOMBEO SOLAR PARA UNA PLANTACIÓN DE PISTACHOS EN LOS T.M. DE MORA DE RUBIELOS Y VALBONA (TERUEL)

Resumen: El objetivo de este proyecto final de máster es el diseño de la instalación de riego localizado y bombeo solar en una explotación de pistachos en los términos municipales de Mora de Rubielos y Valbona (Teruel). Dicha explotación cuenta con una superficie de 14,30 hectáreas distribuidas en diferentes parcelas.

El proyecto alberga los cálculos de las necesidades hídricas del cultivo en base a las características agroclimáticas de la zona, para poder así, estimar el diseño de las subunidades de riego y de la red de transporte. De la misma forma, se ha diseñado el cabezal de riego, incluyendo el filtrado y el equipo de fertirrigación necesario para el correcto funcionamiento de la red. Además, se ha calculado el funcionamiento de la instalación mediante bombeo solar para dotarla de una fuente de alimentación más sostenible.

Palabras clave: riego localizado, pistacho, bombeo solar.

PROJECT OF LOCALIZED IRRIGATION AND SOLAR PUMPING FOR A PISTACHIO PLANTATION IN THE T.M. OF MORA DE RUBIELOS AND VALBONA (TERUEL).

Abstract: The aim of this final project is the installation design of localized irrigation and solar pumping in a pistachio plantation in the municipalities of Mora de Rubielos and Valbona (Teruel). The plantation has an area of 14.30 hectares distributed in different patches.

The project contains water needs calculations of the crop based on the agroclimatic characteristics of the area, in order to estimate the design of the irrigation sub-units and the transport network. In the same way, the irrigation head was designed, including the filtering and fertigation equipment required to the proper operation of the network. In addition, the installation functioning with solar pumping was calculated to ensure a more sustainable power source.

Keywords: localized irrigation, pistachio, solar pumping.

A mi tutor, Iban Balbastre Peralta, por toda la dedicación y ayuda que he recibido durante la realización de este proyecto. Y también agradecer a Pablo González Altozano su ayuda.

A mis padres, gracias por haberme forjado como la persona que soy hoy.

A Nicolás, por ser siempre mi apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA

DOCUMENTO Nº1: ANEJOS A LA MEMORIA

- Anejo 1. Datos de partida
- Anejo 2. Diseño agronómico
- Anejo 3. Diseño de subunidades
- Anejo 4. Dimensionado de la red de transporte
- Anejo 5. Selección del grupo de bombeo
- Anejo 6. Cabezal de riego
- Anejo 7. Bombeo solar
- Anejo 8. Movimiento de tierras
- Anejo 9. Estudio económico de la viabilidad del proyecto
- Anejo 10. Programación de la ejecución de la obra

DOCUMENTO Nº2: PLANOS

- Plano 1. Localización
- Plano 2. Situación
- Plano 3. Superficie regable
- Plano 4. Subunidades de riego
- Plano 5. Sectorización
- Plano 6. Red de transporte
- Plano 7. Tuberías terciarias y laterales
- Plano 8. Distribución de la nave
- Plano 9. Esquema del cabezal de riego
- Plano 10. Representación del grupo de bombeo
- Plano 11. Filtros
- Plano 12. Ubicación de la instalación fotovoltaica
- Plano 13. Esquema eléctrico de la instalación FV
- Plano 14. Distribución en cubierta de los módulos fotovoltaicos
- Plano 15. Soportes de anclaje en cubierta de los módulos FV

DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES

- I. Objeto y alcance del pliego
- II. Descripción de las obras
- III. Pliego de condiciones generales
- IV. Pliego de condiciones particulares

DOCUMENTO N°4: PRESUPUESTO

- Mediciones
- Cuadro de mano de obra
- Cuadro de maquinaria
- Cuadro de materiales
- Cuadro de precios N°1
- Cuadro de precios N°2
- Anejo de justificación de precios
- Resumen del presupuesto

DOCUMENTO N°5: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

***PROYECTO DE INSTALACIÓN DE RIEGO
LOCALIZADO Y BOMBEO SOLAR PARA
UNA PLANTACIÓN DE PISTACHOS EN LOS
T.M. DE MORA DE RUBIELOS Y VALBONA
(TERUEL)***

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA

Alumno: Alba Pérez Albalate

Tutor: Iban Balbastre Peralta

Curso académico: 2018/2019

Valencia, Julio de 2019

INDICE

1. GENERALIDADES	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objeto y justificación del proyecto	1
2. DATOS GENERALES DE LA EXPLOTACIÓN.....	1
2.1 Situación y localización.....	1
2.2 Topografía	1
2.3 Superficie regable y referencias catastrales	2
2.4 Procedencia del agua de riego	3
2.5 Obras existentes.....	3
3. LIMITACIONES Y CONDICIONANTES	3
3.1 Técnicos.....	3
3.2 Legislación	4
3.2.1 Del suelo.....	4
3.2.2 Del medio ambiente.....	4
3.2.3 De las instalaciones	4
3.2.4 Actividades cualificadas	5
3.2.5 Actividades administrativas	5
4. NECESIDADES HÍDRICAS	5
4.1 Necesidades netas de riego	5
4.2 Necesidades totales de riego	6
5. PARÁMETROS DE RIEGO.....	7
5.1 Número de emisores y separación entre ellos.....	7
5.2 Programación del riego	7
6. SECTORIZACIÓN	8
7. SUBUNIDADES DE RIEGO	8

7.1	Características de emisor, lateral y tuberías terciarias	8
7.2	Diseño de las subunidades de riego.....	8
7.3	Dimensionado de las subunidades de riego.....	9
8.	RED DE TRANSPORTE.....	10
8.1	Dimensionado de la red de transporte	10
9.	SISTEMA DE BOMBEO.....	11
9.1	Tipo de bomba	11
9.2	Análisis de la red de riego en EPANET 2.0.....	12
10.	CABEZAL DE RIEGO	12
10.1	Sistema de filtrado	13
10.2	Sistema de fertirrigación	13
11.	SISTEMAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN.....	13
12.	COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	14
13.	UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	14
14.	ESTUDIO SOLAR PREVIO	14
15.	DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN	15
15.1	Potencia eléctrica y energía hidráulica necesaria	15
15.2	Selección de los módulos fotovoltaicos	15
15.3	Selección del variador de frecuencia	16
15.4	Dimensionado del generador fotovoltaico	16
15.5	Soporte de los módulos fotovoltaicos.....	17
15.6	Configuración del sistema fotovoltaico.....	17
15.7	Protecciones.....	18
15.8	Cálculo del cableado.....	18
15.9	Toma a tierra	19
16.	ESTUDIO ECONÓMICO DE LA VIABILIDAD DEL PROYECTO	20
17.	PROGRAMACIÓN DE EJECUCIÓN DE LA OBRA.....	20
18.	RESUMEN DEL PRESUPUESTO	20

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parcelas de la finca Fuente el Rebollo plantadas en octubre de 2017, con una superficie total de 12,74 Ha.	2
Tabla 2. Parcelas de la finca Fuente el Rebollo plantadas en noviembre de 2018, ampliando la superficie de plantación con 1,56 Ha más.	2
Tabla 3. Características de la captación de agua	3
Tabla 4. Necesidades netas de riego	5
Tabla 5. Necesidades totales de riego.....	6
Tabla 6. Programación del riego	7
Tabla 7. Resultados del dimensionado de las subunidades	9
Tabla 8. Resultados de la red de transporte	11
Tabla 9. Valores de las Horas Solar Pico, HSP	15
Tabla 10. Aporte de la energía necesaria, expresado en horas y en porcentaje	20

1. GENERALIDADES

En este anejo se va a abordar el estudio y la selección de la bomba adecuada para el buen funcionamiento de la instalación. Así mismo, se comprueba que dicha bomba puede dotar de la presión necesaria a todos los nudos durante el tiempo de riego.

1.1 Antecedentes

Los municipios de Mora de Rubielos y Valbona, pertenecen ambos a la comarca Gúdar-Javalambre, en la provincia de Teruel.

La zona en cuestión cuenta con una climatología fría, dificultando el cultivo de cualquier frutal. Así mismo, en su gran mayoría, las tierras destinadas a la agricultura se destinan a la trufa negra, *Tuber melanosporum* V.

En busca de una oportunidad agronómica, habiéndose comprobado que es capaz de soportar las bajas temperaturas del invierno, en la explotación se opta por el cultivo del pistacho, siendo éste un cultivo emergente que va ganando terreno en zonas aragonesas.

1.2 Objeto y justificación del proyecto

Con el presente proyecto se diseña y presupuesta un sistema de riego localizado con una instalación fotovoltaica para suministrar la energía necesaria para la alimentación de una bomba sumergible de 30 KW, que llevará a cabo el riego dentro de los parámetros que pueda cumplir y será complementada con el uso de un grupo electrógeno, ya instalado en la explotación.

Con ello, se busca abastecer la instalación de riego con energías renovables, reduciendo a la misma vez tanto la contaminación producida como los costes económicos que ocasiona el uso de un grupo electrógeno.

2. DATOS GENERALES DE LA EXPLOTACIÓN

2.1 Situación y localización

La zona objeto de actuación está localizada en los términos municipales de Mora de Rubielos y Valbona (Teruel), tal y como puede observarse en el *Plano 1. Localización* y en el *Plano 2. Situación*.

2.2 Topografía

La topografía de la zona se define mayoritariamente ondulada, pendientes entre 2-8%, con zonas fuertemente onduladas, pendientes entre 8-16%, contando con una orografía montañosa

y situándose la finca a 1022 m.s.n.m. Las cotas de las parcelas de actuación se pueden observar en el *Plano 3. Superficie regable*.

2.3 Superficie regable y referencias catastrales

Las parcelas objeto de este proyecto se muestran a continuación, indicándose sus superficies y sus referencias catastrales.

En la tabla 1 se detallan las parcelas plantadas en octubre de 2017 y en la tabla 2, las plantadas en noviembre de 2018. El sumatorio total de superficie plantada asciende a 14,30 Ha.

Tabla 1. Parcelas de la finca Fuente el Rebollo plantadas en octubre de 2017, con una superficie total de 12,74 Ha.

Provincia	Municipio	Polígono	Parcela	Recinto	Superficie (Ha)	Pendiente (%)
44-TERUEL	253-VALBONA	2	20	1	1,167	3
44-TERUEL	253-VALBONA	3	15	1	0,27	3,8
44-TERUEL	253-VALBONA	3	14	1	0,189	2,2
44-TERUEL	253-VALBONA	3	16	1	0,422	3,4
44-TERUEL	253-VALBONA	4	88	1	0,256	4,5
44-TERUEL	253-VALBONA	4	90	1	2,046	2,8
44-TERUEL	253-VALBONA	4	96	1	0,614	5,1
44-TERUEL	253-VALBONA	4	80	1	2,323	4,6
44-TERUEL	253-VALBONA	4	77	1	0,606	4,5
44-TERUEL	253-VALBONA	4	78	1	0,258	11,8
44-TERUEL	253-VALBONA	4	78	2	0,189	2,7
44-TERUEL	167-MORA DE RUBIELOS	20	122	1	0,314	5,4
44-TERUEL	167-MORA DE RUBIELOS	20	133	10	1,621	6,1
44-TERUEL	167-MORA DE RUBIELOS	20	133	11	2,426	6,5
44-TERUEL	167-MORA DE RUBIELOS	20	1	11	0,036	9,7

12,741

Tabla 2. Parcelas de la finca Fuente el Rebollo plantadas en noviembre de 2018, ampliando la superficie de plantación con 1,56 Ha más.

Provincia	Municipio	Polígono	Parcela	Recinto	Superficie (Ha)	Pendiente (%)
44-TERUEL	167-MORA DE RUBIELOS	20	133	16	0,428	11,1
44-TERUEL	167-MORA DE RUBIELOS	20	133	5	0,090	8,6
44-TERUEL	167-MORA DE RUBIELOS	20	133	8	0,595	5,9
44-TERUEL	167-MORA DE RUBIELOS	20	80	8	0,450	8,2

1,563

Superficie Total (Ha)	14,30
-----------------------	--------------

2.4 Procedencia del agua de riego

La procedencia del agua disponible para el riego es de una captación subterránea localizada dentro de la finca y de uso privado.

Las características de la captación de agua se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3. Características de la captación de agua

Nivel freático	15 m por debajo del nivel del suelo
Nivel dinámico	17 m por debajo del nivel del suelo
Conductividad eléctrica a 20°C	1,1 dS/m

Con respecto a la conductividad eléctrica, se observa que ese nivel de salinidad no supone ningún efecto adverso para el cultivo implantado en la finca.

El bombeo del agua para su uso en riego se realizará con la instalación de una bomba sumergible por debajo del nivel dinámico del agua. Así mismo, la alimentación de ésta no podrá realizarse con suministro de electricidad de la red, puesto que no existe ninguna red cercana a la explotación.

2.5 Obras existentes

La explotación cuenta con una nave existente para guardar la maquinaria y donde se localizará el cabezal de riego.

Dicha nave cuenta con unas dimensiones 20 x 15 x 5 metros, complementándose con una zona anexa de 12 x 5 x 2,5 metros destinada a la zona del cabezal de riego.

La estructura se compone de muros de hormigón hasta 3 metros y con una anchura de 30 cm. Hasta la altura total de la nave correspondiente a los 5 metros, el material es chapa sándwich. La estructura metálica que soporta la edificación se compone de viguetas de hierro cada 5 metros en longitud.

3. LIMITACIONES Y CONDICIONANTES

3.1 Técnicos

Serán planteados en los diferentes Anejos del presente proyecto, adoptando las soluciones más adecuadas para la resolución de los problemas.

3.2 Legislación

Las condiciones legales y las normativas de aplicación expuestos en el *Documento nº3 Pliego de Condiciones* son específicas del presente proyecto.

Así mismo, son de aplicación al presente proyecto, los condicionantes legales expuestos en todos aquellos artículos que le afecten de la legislación que se citan en los siguientes subapartados:

3.2.1 Del suelo

- Real Decreto 1346/1976 de 9 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Régimen del Suelo y Ordenación Urbana.
- Real Decreto 2159/1978 de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Planeamiento para el desarrollo y aplicación de la Ley sobre Régimen de suelo y Ordenación Urbana.

3.2.2 Del medio ambiente

- Real Decreto 849/1986 de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
- Real Decreto 1131/1988 de 30 de septiembre por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986 de 28 de junio de Evaluación del Impacto Ambiental (B.O.E. nº239).
- Ley 7/2006, de 22 de junio, de protección ambiental de Aragón.
- Decreto Legislativo 2/2015, de 17 de noviembre, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Ordenación del Territorio de Aragón (BOA nº225 de 20/11/2015).
- Ley 11/2014, de 4 de diciembre, de Prevención y Protección Ambiental de Aragón
- ORDEN de 20 de mayo de 2015, del Consejero de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente de Aragón, por la que se establecen los requisitos de registro y control en las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen métodos alternativos de análisis para determinados contaminantes atmosféricos

3.2.3 De las instalaciones

- Real Decreto 849/1986 de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

3.2.4 Actividades cualificadas

- Decreto 2414/1961 de 30 de noviembre, por el que se aprueba el reglamento de actividades molestas, insalubres nocivas y peligrosas (RAMINP).

3.2.5 Actividades administrativas

Los ayuntamientos de los dos términos municipales dónde se localiza la explotación, no establecen ninguna limitación que pueda afectar al desarrollo y ejecución del presente proyecto.

4. NECESIDADES HÍDRICAS

4.1 Necesidades netas de riego

Para determinar las necesidades netas de riego es necesario conocer para cada mes los datos de la evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar y los datos de la precipitación efectiva en la localización del proyecto, que han sido obtenidos en la página web de la Agencia Estatal de Meteorología. Los datos precipitación y temperaturas están reflejados en el apartado 6. *Datos climáticos del Anejo 1: Datos de partida.*

En el *Anejo 2: Diseño agronómico* se ha desarrollado el método de cálculo para el sistema de riego localizado, partiendo de las siguientes necesidades netas de riego.

Tabla 4. Necesidades netas de riego

Mes	ET ₀ (mm/mes)	P _m (mm/mes)	K _c	ET _c (mm/mes)	K ₁	ET _{ri} (mm/mes)	Días por mes	P _e (mm/mes)	NR _n (mm/mes)	NR _n (mm/día)
Enero	25,19	16,05	0,00	0,00	0,80	0,00	31	9,33	0,00	0,00
Febrero	38,23	14,10	0,00	0,00	0,80	0,00	28	8,09	0,00	0,00
Marzo	67,90	29,92	0,00	0,00	0,80	0,00	31	17,54	0,00	0,00
Abril	92,05	34,66	0,25	23,01	0,80	18,41	30	21,23	0,00	0,00
Mayo	126,37	40,62	0,80	101,10	0,80	80,88	31	29,23	51,65	1,67
Junio	148,49	46,39	1,13	167,79	0,80	134,23	30	38,26	95,98	3,20
Julio	168,85	18,49	1,19	200,93	0,80	160,74	31	16,87	143,87	4,64
Agosto	146,24	32,14	1,16	169,64	0,80	135,71	31	27,28	108,43	3,50
Septiembre	94,41	36,34	0,93	87,80	0,80	70,24	30	25,60	44,65	1,49
Octubre	56,47	31,29	0,56	31,62	0,80	25,30	31	19,63	5,67	0,18
Noviembre	30,69	36,84	0,35	10,74	0,80	8,59	30	21,88	0,00	0,00
Diciembre	20,14	13,61	0,00	0,00	0,80	0,00	31	7,77	0,00	0,00
TOTALES	1015,05	350,43	0,53							

Donde:

ET_0 : Evapotranspiración de referencia (mm/mes)

P_m : Precipitación media mensual (mm/mes)

K_c : Coeficiente del cultivo

ET_c : Evapotranspiración mensual del cultivo (mm/mes)

K_l : Coeficiente de localización

ET_{rl} : Evapotranspiración mensual del cultivo corregida (mm/mes)

P_e : Precipitación efectiva (mm/mes)

NR_n : Necesidades netas de riego

4.2 Necesidades totales de riego

A la hora de calcular las necesidades totales de riego intervienen diversos factores tales como el uso de aguas salinas y la eficiencia de aplicación. Estos factores se han definido y se han determinado sus valores en el apartado 2. *Cálculo de las necesidades totales de riego del Anejo 2. Diseño agronómico* para, posteriormente, calcular las necesidades de riego totales de la plantación para cada mes. Los datos obtenidos se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Necesidades totales de riego

Mes	NTr (l/día y planta)
Enero	0,00
Febrero	0,00
Marzo	0,00
Abril	0,00
Mayo	37,02
Junio	71,10
Julio	103,13
Agosto	77,73
Septiembre	33,07
Octubre	4,06
Noviembre	0,00
Diciembre	0,00

Los requerimientos brutos de agua estimados para el cultivo establecido, para el mes de máximas necesidades, julio, será de 103,13 l/día y planta.

5. PARÁMETROS DE RIEGO

Para determinar los parámetros de riego se necesita previamente conocer qué emisor se va a utilizar. El emisor seleccionado se trata de un emisor autocompensante integrado cuyo caudal será de 1,6 l/. El marco de plantación establecido se corresponde a 6 x 3 m.

5.1 Número de emisores y separación entre ellos

En el apartado 3.1 *Superficie mojada por el emisor del Anejo 2* se calcula la superficie mojada por cada emisor y se determina la superficie mínima mojada por planta con el fin de definir el número de emisores mínimo que puede haber. De este modo y de acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye que la plantación dispondrá de un doble lateral por fila de plantas con una separación de 2,40 m entre los laterales y de 6 emisores a cada lado del árbol con una separación de 0,5 m entre emisores. Finalmente, se establece un número de 12 emisores por árbol dotando de un caudal por unidad de superficie de 1,06 l/h/m² y un caudal por planta de 19,2 l/h.

5.2 Programación del riego

El tiempo de riego depende tanto del cultivo como del caudal por planta y de las necesidades totales de riego. Es por ello que, a partir de los apartados 3.4 *Cálculo del intervalo de riego* y 3.5 *Cálculo del tiempo de riego del Anejo 2*, se ha calculado el tiempo de riego diario para cada mes. La programación del riego se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Programación del riego

Mes	Horas de riego/día	Número de riegos por semana	Tiempo de riego mensual (horas)
Enero	0,00	-	0
Febrero	0,00	-	0
Marzo	0,00	-	0
Abril	0,00	-	0
Mayo	3,37	4	59,77
Junio	5,18	5	111,09
Julio	5,37	7	133,21
Agosto	4,05	7	125,50
Septiembre	4,02	3	51,67
Octubre	0,74	2	6,56
Noviembre	0,00	-	0
Diciembre	0,00	-	0

487,81

6. SECTORIZACIÓN

Una vez conocido el caudal máximo requerido para el abastecimiento de toda la plantación y el caudal proporcionado por el grupo de bombeo, puede determinarse el número de sectores que son necesarios.

En el presente caso, se ha decidido sectorizar la instalación en dos sectores de riego, el sector 1 con una superficie de riego de 7,58 Ha y el sector 2, con 6,72 Ha. En el *Plano 4. Sectorización*, se puede observar los diferentes sectores diseñados con sus parcelas correspondientes.

7. SUBUNIDADES DE RIEGO

7.1 Características de emisor, lateral y tuberías terciarias

En los apartados 3. *Elección del lateral y del tipo de emisor* y 4. *Elección de las tuberías terciarias* del Anexo 3. *Diseño de las subunidades* se desarrollan que tipo de laterales, emisores y terciarias se emplearán en este proyecto.

Los emisores serán autocompensantes integrado en la tubería, diseñado especialmente para el riego subterráneo con mecanismos para prevenir la succión, la obturación y la intrusión de raíces con un caudal de 1,6 l/h, distanciados 0,5 m entre ellos y con un rango de trabajo entre 0,5 – 4 bar.

Los laterales que serán de polietileno de baja densidad (PE 32 UNE 53367) con diámetro nominal de 16 mm, diámetro interior de 13,70 mm, espesor nominal de 0,9 mm y una presión máxima de trabajo de 4 bar.

Las tuberías terciarias serán de PVC UNE EN 1452 PN10 y PN16 y se enterrarán en zanjas de 0,6 m de profundidad y 0,40 m de anchura.

7.2 Diseño de las subunidades de riego

Acorde con lo explicado en el apartado 5.1. *Variación máxima de presión admisible en la subunidad* del Anejo 3, la máxima variación relativa de presión en la subunidad será del 10 m.

En función de la longitud máxima de ramal de los laterales, dada por el fabricante, se obtiene un valor de longitud equivalente de 0,54 m, calculado en el apartado 5.1 *Longitud máxima del lateral*.

En el apartado 5.3. *Presión necesaria al inicio de la tubería*, se establece una presión mínima al inicio de la tubería de 30 mca, para que al final del lateral sea de 5 mca y el riego se produzca correctamente. Este valor de presión al inicio tomará valores diferentes en cada una de las subunidades en función de la diferencia de cotas.

Las pérdidas de carga localizadas son aquellas causadas por la conexión de los emisores en los laterales y aquellas producidas por la conexión de los laterales a las tuberías terciarias. Esto se determina en el apartado 5.4. *Pérdidas de carga localizadas* del Anejo 3. En dicho cálculo se aplica el método de las longitudes equivalentes, calculado anteriormente. Sin embargo, para determinar las pérdidas de carga localizadas causadas por la conexión de los laterales a las tuberías terciarias, se ha aplicado el método del coeficiente mayorante, aceptando un valor igual a 1,1. En los siguientes apartados, se tienen en cuenta las pérdidas de continuas en laterales y terciarias, con valor de 25 mca.

7.3 Dimensionado de las subunidades de riego

El dimensionado se ha llevado a cabo en el apartado 6. *Resolución de las subunidades de riego* del Anejo 3.

La metodología empleada ha sido el programa informático *DimSub* (Arviza, 2016). Gracias a esta herramienta, se han determinado las secciones necesarias, las longitudes de los tramos, los puntos de alimentación y la presión requerida a la entrada de cada subunidad, mostrándose los resultados en el Anejo 1: *Datos de cálculo de cada subunidad* dentro del Anejo 3.

Los resultados del dimensionado obtenidos se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Resultados del dimensionado de las subunidades

Subunidad	Caudal inicio (l/h)	Presión inicio (mca)	Longitud laterales (m)	DN (mm)	Longitud Terciaria DN1 (m)	Alimentación Laterales	Alimentación Terciaria
1,1	13230,51	17,91	4203,0	50	102,0	P. intermedio	Extremo
1,2	5679,01	15,62	1770,0	50	78,7	P. intermedio	Extremo
1,3	7851,44	12,74	2449,0	50	44,6	P. intermedio	Extremo
2,1	24040,91	20,17	6725	63	132,0	P. intermedio	P. intermedio
2,2	21605,58	20,17	7480	63	173,0	P. intermedio	P. intermedio
3	16795,66	17,03	5215	63	114,0	P. intermedio	Extremo
4,1	9913,13	19,97	3189,0	50	109,1	P. intermedio	Extremo
4,2	19893,18	17,36	6187,0	50	107,4	P. intermedio	Extremo
4,3	3804,61	16,80	1367,0	50	61,7	P. intermedio	Extremo
5,1	1590,87	12,41	987,0	50	60,7	P. intermedio	Extremo
5,2	38997,09	16,67	24334,0	90	200,9	P. intermedio	Extremo

Subunidad	Caudal inicio (l/h)	Presión inicio (mca)	Longitud laterales (m)	DN (mm)	Longitud Terciaria DN1 (m)	Alimentación Laterales	Alimentación Terciaria
5,3	3260,32	13,08	1012,0	50	23,4	P. intermedio	Extremo
6,1	501,15	13,23	661,0	50	34,0	P. intermedio	Extremo
6,2	2039,72	13,72	1521,0	50	212,0	P. intermedio	Extremo
6,3	2367,97	17,84	1673,0	50	113,0	P. intermedio	Extremo

En el *Plano 7. Distribución de terciarias y laterales* se definen tanto las terciarias como los laterales de riego.

8. RED DE TRANSPORTE

En este proyecto, la red principal de distribución está alimentada por el sistema de bombeo propio que posee la explotación, cuyo caudal y presión son conocidos. Se ha considerado oportuno utilizar tuberías enterradas a la hora de diseñar la red de transporte con las mismas características que las tuberías terciarias, es decir, de PVC UNE EN 1.452 que serán enterradas en una zanja de 0,6 m de profundidad y 0,40 m de anchura.

En el apartado *1.1. Trazado de la red de tuberías del Anejo 4: Dimensionado de la red de transporte*, se determina el trazado de la red de tuberías. Las tuberías de la red de distribución van a seguir en la medida de lo posible los márgenes de los caminos o los lindes de las parcelas, y aprovecharán las zanjas de los tramos comunes de la red. Se considerará una precisión de ± 1 m para las longitudes de las tuberías y las cotas de los puntos de abastecimiento.

8.1 Dimensionado de la red de transporte

El dimensionado de la red de transporte se ha desarrollado en el apartado *2. Dimensionado de la red de transporte del Anejo 4*.

En la fase de dimensionado es necesario llevar a cabo cálculos con el fin de obtener los diámetros y timbrajes de la red, así como la presión requerida en origen. Dichos cálculos se han obtenido a partir del programa informático *RGwin* (Arviza, 2016).

De este modo, se han calculado las presiones necesarias con las que debe abastecer la bomba a cada sector, las pérdidas de carga producidas en cada línea y la velocidad final del agua de riego a través de cada línea. Así pues, tal y como aparece en el apartado *3. Resultado del dimensionado de la red del Anejo 4*, las dimensiones obtenidas para cada línea de la red de transporte y las presiones necesarias que debe suministrar el sistema de bombeo para cada subunidad se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8. Resultados de la red de transporte

Línea	Etiqueta nudo (-)	Diámetro interior (mm)	DN (mm)	Presión de trabajo (MPa)	Longitud (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida de carga (mca)	Pérdida acumulada (mca)
1		152,0	160	0,60	3,0	1,44	0,04	0,04
2	Bomba				0,0	0,00	-106,67	
3	Filtro				0,0	0,00	10,00	26,72
4		141,0	160	1,60	917,0	1,67	16,68	16,72
5		129,2	140	1,00	167,4	1,53	2,88	29,60
6	1,3	67,8	75	1,00	125,4	2,06	8,15	37,74
7	1,2	57,0	63	1,00	147,1	2,06	11,81	49,55
8	1,1	45,2	50	1,00	98,4	2,29	12,81	62,36
9	2,1	115,4	125	1,00	1070,1	1,21	13,65	43,25
10	2,2	57,0	63	1,00	92,0	2,35	9,47	52,71
11	3	57,0	63	1,00	93,2	1,83	6,00	32,72
12	6,2	63,8	75	1,60	1947,9	0,43	7,74	34,46
13	6,1	45,2	50	1,00	16,3	0,09	0,01	34,46
14	6,3	53,6	63	1,60	87,0	0,29	0,22	34,67
15	5,2	123,4	140	1,60	1066,8	1,80	26,06	52,77
16	5,3	42,6	50	1,60	239,1	0,64	3,21	55,98
17	5,1	42,6	50	1,60	161,4	0,31	0,60	53,38
18		76,6	90	1,60	62,4	2,03	3,39	56,16
19	4,3	42,6	50	1,60	4,3	0,74	0,08	56,24
20	4,2	63,8	75	1,60	10,1	2,59	1,08	57,25
21	4,1	53,6	63	1,60	155,3	1,22	5,12	62,37

Del mismo modo, en el *Plano 6. Red de transporte*, se muestra el trazado de la red de transporte y sus tuberías.

9. SISTEMA DE BOMBEO

El sistema de bombeo consta de una bomba sumergida dentro del pozo subterráneo. El suministro de electricidad para la bomba lo generará una instalación fotovoltaica desarrollada, además de disponer de grupo electrógeno para cumplimentar el resto de horas que la instalación fotovoltaica no sea capaz de abastecer.

9.1 Tipo de bomba

En el apartado 3. *Descripción del grupo de bombeo del Anejo 5: Selección del grupo de bombeo*, se describen las características principales de la bomba seleccionada. Ésta se trata de

una bomba sumergible de eje vertical con una potencia de 30 kW y con la capacidad de suministrar una altura manométrica de 200 m y un caudal de 100 m³/h.

9.2 Análisis de la red de riego en EPANET 2.0

Una vez seleccionado y estudiado el grupo de bombeo más adecuado, se procede a conocer las características de funcionamiento del dicho grupo. Para ello, se ha utilizado el programa EPANET 2.0. a partir de los datos generados anteriormente con el programa RGWIN. Dicha metodología se ha desarrollado en el *Anejo 1: Análisis de funcionamiento mediante Epanet de la bomba Z875-06* dentro del *Anejo 5*.

Mediante el análisis de estudio de funcionamiento de la bomba, se puede observar que existe una sobrepresión a la hora del riego en el sector 2. Esto se debe a que este sector posee menor superficie y cotas más bajas que el sector 2. Por ello, la solución es colocar un variador de frecuencia para que la bomba no trabaje al 100% en el riego de este sector. Según el caso estudiado, para el riego del sector, la bomba trabajaría al 93% de su potencia, cumpliendo con todas las presiones de alimentación de las subunidades de dicho sector.

Como variador de frecuencia, se va a aprovechar el de la instalación fotovoltaica con función también de inversor. De este modo, se podrá ajustar la energía consumida por la bomba únicamente a la necesaria, asegurando un buen funcionamiento de la red.

Todo ello, significa disminuir el trabajo que realiza la bomba para poder obtener las presiones necesarias al inicio de las subunidades, por lo tanto, la potencia consumida por la bomba también será menor. Esto se puede traducir, a una reducción de la potencia media utilizada, un menor consumo energético y por lo tanto una reducción del coste energético.

10. CABEZAL DE RIEGO

En el *Anejo 6. Cabezal de riego* se lleva a cabo la selección del sistema de filtrado, el sistema de fertirrigación y los sistemas de control y automatización de la instalación.

El cabezal de riego del proyecto se va a situar en la nave existente en la explotación. Dicho cabezal se diseñará para que sea capaz de suministrar el agua de riego a los diferentes sectores con las necesidades de riego para las que está diseñado. Las pérdidas de carga consideradas como máximas para el cabezal de riego serán de 1 m.c.a.

Las uniones entre elementos de filtrado, las numerosas válvulas y el resto de los dispositivos en el cabezal de riego, serán mediante tubería PVC de tipo para conducciones a presión. La tubería principal del cabezal contará con DN160 y las tuberías de conexión a elementos de filtrado con DN75. La presión nominal de los tubos será de 1.0 MPa, con el fin de prevenir las posibles maniobras de arranque y parada en cabeza.

En el *Plano 09. Esquema del cabezal de riego* se detallan los elementos que conforman el cabezal de riego de la instalación.

10.1 Sistema de filtrado

Todo el sistema de riego localizado exige la instalación de elementos de filtrado que retengan toda la materia en suspensión que se transporte en el agua de riego, manteniéndose así en buen estado el sistema. El sistema de filtrado se localiza después del grupo de bombeo, al inicio de la red.

Conforme al apartado 3.1. *Grado de filtración del Anejo 6*, se considerará un grado de filtración 130 μm , correspondiendo con un número de *Mesh* de 120, con el fin de alcanzar una filtración satisfactoria.

Tal como indica el apartado 3.2. *Equipo de filtrado del Anejo 6*, se selecciona un equipo filtrante formado por filtros de discos ranurados, comprimidos unos contra otros, que combinan los efectos de los filtros de malla y de los de arena, filtrando en profundidad las partículas del agua. El número de filtros seleccionados es de cuatro y ellos mismos realizan procesos de autolimpieza. La máxima capacidad de filtrado del conjunto de filtros será de 94 m^3/h .

10.2 Sistema de fertirrigación

En el apartado 4. *Sistema de fertirrigación del Anejo 4*, se describen los diferentes abonos utilizados, así como los sistemas de inyección utilizados para inyectarlos a la red.

En el epígrafe 4.1. *Depósitos de fertilizantes del Anejo 4*, se instalarán en el cabezal de riego los siguientes depósitos:

- Depósito con capacidad de 5000 L para almacenar soluciones nitrogenadas.
- Depósito con capacidad de 5000 L para almacenar soluciones de P y K.
- Depósito con capacidad de 2000 L con agitador mediante aire, para poder diluir y mezclar bien los productos antes de introducirlos a los depósitos e inyectarlos por el riego.

Según el apartado 5.3. *Sistema de inyección de fertilizantes del Anejo 6*, se empleará una bomba dosificadora de pistón de accionamiento eléctrico con un caudal máximo de 120 l/h con el fin de suministrar la solución de los fertilizantes al sistema de riego.

11. SISTEMAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

Con el fin de llevar a cabo un buen control y regulación de la red de distribución es necesario disponer de una serie de elementos hidráulicos como son: válvulas de bola, válvulas de retención o antirretorno, electroválvulas, ventosas y manómetros.

Así mismo, también se dispone de elementos como programador de riego y un variador de frecuencia,

Todos estos elementos se detallan en el apartado 7. *Sistemas de control y automatización del Anejo 6.*

12. COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Un sistema de bombeo fotovoltaico está compuesto por un generador fotovoltaico que alimenta una bomba, un pozo o balsa de donde extraer el agua, un sistema de tuberías y un sistema de acondicionamiento de potencia. Estos elementos vienen definidos y explicados en el apartado 2. *Componentes de un sistema de bombeo solar del Anejo 7.*

13. UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

La instalación de módulos fotovoltaicos se realizará sobre la cubierta de la nave existente en la explotación, con orientación sur para aprovechar al máximo la luz del sol, tal y como se muestra en el *Plano 12: Ubicación de la instalación fotovoltaica*. Dicha cubierta cuenta con una pendiente del 25 % y un ángulo de 15° con respecto al plano horizontal.

14. ESTUDIO SOLAR PREVIO

La obtención de energía solar será máxima cuando los rayos provenientes del Sol sean perpendiculares a la superficie de captación, por lo que la orientación y la inclinación de los módulos van a ser un factor vital para la instalación solar.

Conforme a lo desarrollado en el apartado 4.1. *Selección de la orientación y la inclinación de los módulos del Anejo 7*, se muestra que la orientación de los módulos solares en el plano horizontal (azimut) se ha definido lo más cercano posible a cero, teniendo en cuenta que la nave se encuentra orientada mayoritariamente al sur. El azimut de la cubierta es de aproximadamente 15°, lo cual no se considera una desviación relevante.

Con respecto a la inclinación, La cubierta de la nave cuenta con un ángulo de 15° por lo que se ajusta relativamente bien a la inclinación óptima para las condiciones de aprovechamiento del mes de julio, 20°. En conjunto, las pérdidas por orientación e inclinación de los módulos colocándolos sobre la cubierta del edificio se ha estimado con el *Censol 5.0 (PROGENSA)* y es inferior al 4%. De esta forma, se decide colocar las placas paralelas a la cubierta.

Es necesario el cálculo de las horas solar pico y de la energía solar mensual, conforme se desarrolla en el apartado 4.2. *Radiación solar disponible del Anejo 7*. Para ello, se consulta la herramienta informática *PVGIS* y los resultados obtenidos se muestran en la tabla 9. De esta forma, se obtiene la energía solar disponible de forma anual, que supone un total de 2010 kWh/m².

Tabla 9. Valores de las Horas Solar Pico, HSP

Mes	HSP diario	HSP mensual
Enero	3,78	117
Febrero	4,76	133
Marzo	5,86	182
Abril	5,91	177
Mayo	6,25	194
Junio	6,86	206
Julio	7,29	226
Agosto	6,75	209
Septiembre	6,01	180
Octubre	5,13	159
Noviembre	3,94	118
Diciembre	3,51	109
Promedio anual	5,51	168
Total anual	2010	

15. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN

15.1 Potencia eléctrica y energía hidráulica necesaria

Conforme a lo desarrollado en el apartado 5.1. *Cálculo de la potencia del generador fotovoltaico del Anejo 7*, el cálculo de la energía hidráulica es la energía que se debe aportar al sistema de bombeo para impulsar un caudal de agua a una altura h . En este caso, se parte de que la bomba ya está presente en la instalación puesto que se calcula la energía hidráulica necesaria para su funcionamiento en los dos sectores existentes.

La energía hidráulica necesaria ascenderá a 73.805,43 Wh/día para el sector 1 y 39.510,13 Wh/día, dependiendo en todo momento del mes de riego puesto que cada uno posee unas horas de riego diarias.

En función de esto, se comprueba mediante el ratio de energía hidráulica necesaria entre radiación disponible para cada mes, que el mes más desfavorable se trata de Julio, por lo que el dimensionado de la instalación fotovoltaica se hará en función de los condicionantes de este mes.

15.2 Selección de los módulos fotovoltaicos

A partir de las consideraciones anteriores, se seleccionan los módulos fotovoltaicos adecuados, así como el número de paneles solares necesarios para satisfacer la demanda eléctrica del grupo de bombeo.

En el proyecto se utilizará el modelo de ATERSA-305P GSE, con una potencia nominal de 305 W, un voltaje de 24 V y una eficiencia del módulo de 16 %.

Se estima un total de 47 módulos fotovoltaicos necesarios para poder abastecer toda la potencia demandada por el grupo de bombeo.

Las características de este módulo, así como los datos de cálculo de los módulos necesarios, se detallan en el *apartado 5.2 Selección de los módulos fotovoltaicos del Anejo 7*.

15.3 Selección del variador de frecuencia

Una vez seleccionado el módulo fotovoltaico, se procede a escoger el inversor más adecuado. En el *apartado 5.3. Selección del variador de frecuencia del Anejo 7*, se selecciona un equipo inversor que integra un variador de frecuencia diseñado para alimentar directamente grupos de bombeo hidráulicos, denominando a este conjunto equipos para bombeo solar.

El inversor se seleccionará en función de la potencia del motor que se le asignará, en este caso el grupo motobomba. Se ha seleccionado el inversor de frecuencia de la casa *Power Electronics*, modelo *SD700SP0060 5*, con una potencia motor de 30 KW. Este variador permite usar como fuente de energía únicamente la instalación fotovoltaica, o los módulos fotovoltaicos y el grupo electrógeno simultáneamente, tratándose de un sistema híbrido.

15.4 Dimensionado del generador fotovoltaico

Para llevar a cabo el dimensionado del generador fotovoltaico, es necesario realizar una serie de cálculos a partir de las características técnicas principales tanto de los módulos fotovoltaicos como del inversor de frecuencia.

Para la selección del número de módulos en serie que deben instalarse, lo principal que hay que tener en consideración son las limitaciones técnicas del propio variador en dos aspectos fundamentales. Hay que dimensionar el generador de tal forma que la tensión de trabajo del mismo en todas las condiciones de funcionamiento esté dentro del rango de trabajo del seguidor del punto de máxima potencia del variador. Para llevar a cabo dicha comprobación hay que tener presente las temperaturas máximas y mínimas a las que pueden estar sometidas las placas. Además, la intensidad de cortocircuito de las placas en serie no debe poner en peligro el correcto funcionamiento del variador.

Los paneles pueden conectarse en serie o en paralelo. Si los conectamos en serie lo que variará será la tensión, el voltaje de salida será la suma de los voltajes de los paneles conectados en serie. Si se conectan en paralelo, variará la corriente, la corriente de salida será la suma de la corriente de cada una de las ramas conectadas en paralelo. La potencia del sistema será aproximadamente la suma de la potencia de cada uno de los paneles del generador.

La distribución de los módulos, dependerá del número de paneles en serie y en paralelo que se instalen. Para saber dichos valores se realizan los cálculos, en los que se muestran en primer lugar el cálculo del número de módulos en serie y posteriormente el número de módulos en paralelo.

Dichos cálculos se muestran en el *apartado 5.4. Configuración del sistema del Anejo 7*.

En definitiva, la configuración del generador fotovoltaico será la siguiente:

- N.º de placas en serie: 18
- N.º de placas en paralelo: 3
- Módulos totales: 54
- Potencia total producida: 16,47 kW

15.5 Soporte de los módulos fotovoltaicos

El anclaje de los módulos fotovoltaicos a la cubierta se realiza con el soporte OR-MINI de la marca comercial *Solarstem*.

De acuerdo con el apartado 5.6. *Soporte de anclaje en cubierta de los módulos fotovoltaicos del Anejo 7*, se ha seleccionado la estructura de soportes OR-MINI de la marca comercial *Solarstem*.

Se trata de un sistema coplanar para cubiertas inclinadas de chapa trapezoidal, siendo ésta la presente en la nave. Así mismo, los perfiles, siendo de aluminio PS, se sitúan en los puntos de embridaje de los módulos.

Se distribuirá la estructura en 3 filas. Cada fila albergará un total de 18 módulos agrupados de 6 en 6, por lo que habrá 3 agrupaciones de 6 módulos cada una en cada una de las 3 series.

En el *Plano 14. Distribución en cubierta de los módulos fotovoltaicos* se puede observar la distribución en cubierta de los módulos y en el *Plano 15. Soportes de anclaje en cubierta de los módulos FV*, se observa la colocación de los soportes de anclaje en cubierta.

15.6 Configuración del sistema fotovoltaico

Finalmente, el sistema fotovoltaico queda estructurado tal y como se muestra en el *Plano 13. Esquema eléctrico de la instalación FV* y se compone de los siguientes elementos:

- 54 paneles fotovoltaicos *Atersa (A-305P)*, con una disposición 18 en serie x 3 en paralelo.
- Variador *Power Electronics SD700SP* 30 kW, tratándose de un elemento de gran importancia ya que también hace función de inversor, convirtiendo la corriente continua que se genera en la instalación fotovoltaica en alterna, para poder ser utilizado por el grupo de bombeo para poner en funcionamiento el sistema de riego.

15.7 Protecciones

Las protecciones eléctricas se instalarán en el lado de corriente continua (lo relativo a la corriente alterna no es objeto del presente proyecto), cumpliendo con lo dispuesto en el *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión 2002*.

Como medidas de protección contra contactos directos e indirectos de la instalación FV se consideran los siguientes:

- Todo el cableado de la instalación FV tendrá aislamiento reforzado Clase II, los módulos FV también llevarán aislamiento clase II.
- La medida de protección contra contactos indirectos será la puesta a tierra de todas las masas de la instalación que sean accesibles a las personas (estructuras soporte, cajas metálicas...).
- El generador FV tendrá configuración flotante respecto a tierra, es decir, sus dos polos estarán aislados de tierra y además el inversor dispondrá de transformador de aislamiento que separe de forma segura el generador de la red de alterna.

En el apartado *5.9.1. Protecciones presentes en la instalación del Anejo 7*, se ha decidido incorporar el vigilante de aislamiento para instalaciones fotovoltaicas *ISO-CHECK PV 1000* de *Cirprotec*, con tensión de alimentación de 230 V.

Las protecciones de corriente continua frente a sobreintensidades y sobretensiones de origen atmosférico se van a instalar en cajas de conexión VT (1 caja en total) situadas junto a cada grupo de *strings* de módulos FV para facilitar la agrupación de las líneas procedentes de ellos. Por ello, en el apartado *5.9.1. Protecciones presentes en la instalación del Anejo 7*, se ha seleccionado la caja de conexión *CSP-12TM 1kV* de *Atersa*

Las líneas que salgan de las cajas VT previstas (1 unidad) se conectarán directamente al inversor anteriormente citado. Esto se debe a que únicamente se dispone de una caja VT, por lo que no es necesario colocar un Cuadro General entre la caja VT y el inversor.

15.8 Cálculo del cableado

Para calcular el conexionado de todos los elementos seleccionados anteriormente se ha tenido en cuenta tanto el Reglamento Electrónico para Baja Tensión, como lo dispuesto en el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE para instalaciones aisladas de la red.

El cálculo de la sección del cableado se ha calculado tanto por el criterio de la caída de tensión como por el criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento

El cálculo del cableado se desarrolla en el *apartado 5.10. Cableado de las líneas eléctricas del Anejo 7*. Se ha empleado el cable *P-SUN 2.0 CPRO ZZ-F* de la marca *Prysmian*, unipolar de doble aislamiento (Clase II) para las líneas que unen los módulos fotovoltaicos y las cajas VT, y también para las líneas correspondientes entre las cajas VT y el Cuadro General y entre este último y el variador.

El cableado se localizará en una bandeja perforada y el tipo de aislamiento será polietileno reticulado (XLPE). Así mismo, habrá tres conductores, uno por cada *string*.

Para el tramo que une los módulos de cada *string* con la caja VT, se ha seleccionado un cable de 1,5 mm² mientras que para el tramo de unión entra la caja VT y el inversor, el cable será de 10 mm².

Con respecto al cableado entre el inversor y el grupo de bombeo, su cálculo no corresponde a este proyecto puesto que la unión entre variador de frecuencia(inversor) y grupo de bombeo ya está instalada en la explotación.

15.9 Toma a tierra

Para la toma de tierra para las masas y los elementos conductores susceptibles de contacto se va a utilizar un electrodo formado por un cable de cobre desnudo de 35 mm² enterrado para dar $RT < 20 \Omega$ (10-20 Ω).

A partir del apartado 5.11.1 *Toma de tierra del Anejo 7*, se obtiene que la longitud del electrodo resulta $L = 20$ m. Este valor se debe verificar cuando se lleve a cabo la instalación para corroborar el buen estado de la misma. Y se debe prestar atención que, en caso de picas de gran longitud, éstas pueden alcanzar estratos con resistividades menores.

En cuanto a los conductores de protección, según lo expuesto en el apartado 5.11.2 *Conductores de protección del Anejo 7*, para la conexión entre los *strings* y la caja VT se tiene un cable con sección nominal de 1,5 mm², por lo que la sección mínima de los conductores de protección tendrá el mismo valor, $S_p = 1,5$ mm².

El valor obtenido de sección para el conductor de protección no cumple con lo mínimo establecido por lo que, al no disponer de protección mecánica, se establece una sección de conductores de protección de 2,5 mm².

En la instalación, se dispone de un borne principal de tierra, al cual se le unirán los conductores: de tierra, de protección, de unión equipotencial principal y los de puesta a tierra funcional (en caso de ser necesarios).

La línea que enlace con la puesta a tierra será de 35 mm², puesto que se recomienda en situaciones en las que el conductor de tierra es de cobre enterrado y desnudo independientemente de lo indicado en la tabla anterior. Así mismo, se conectará mediante el borne situado en el cuadro principal de corriente continua, al cual se conectarán también el resto de los elementos de la instalación.

16. ESTUDIO ECONÓMICO DE LA VIABILIDAD DEL PROYECTO

En primer lugar, se ha estudiado la utilización de la instalación fotovoltaica y lo que su uso conllevaría a la explotación, en visto de que sería necesario complementar con un grupo electrógeno para cumplir con las necesidades de riego.

Tabla 10. Aporte de la energía necesaria, expresado en horas y en porcentaje

HORAS TOTALES (h)	Instalación Fotovoltaica (h)	Grupo Electrógeno (h)
487,81	251,21	236,6
Uso (%)	51	49

La instalación fotovoltaica tardaría en amortizarse 14,37 años, teniendo en cuenta lo que conllevaría aportar esa energía con el grupo electrógeno.

En vista del análisis económico que se ha realizado del proyecto, en el apartado 5. *Análisis de la viabilidad del proyecto* en el Anejo 9. *Estudio de la viabilidad del proyecto*, se puede observar que la inversión es aceptable y que en el año 8 se concluiría el pago de dicha inversión.

17. PROGRAMACIÓN DE EJECUCIÓN DE LA OBRA

En el *Anejo 10. Programación de ejecución de la obra* se tiene por objetivo la planificación de la ejecución del presente proyecto y el cálculo temporal de la misma. Con esto se pretende evitar posibles desajustes e irregularidades a la hora de hacer la instalación, y el seguir un orden lógico de las obras de manera que no se interrumpan entre ellas.

Para ello, se ha calculado en función de los rendimientos de los operarios de la obra, lo que conllevaría cada una de las tareas que componen la obra. Así, se estima un número de días concreto y esta información se traslada al calendario laboral de la Comunidad Autónoma de Aragón.

Tal como nos indica el calendario de ejecución, en el apartado 3. *Calendario de ejecución de la obra* en el Anejo 10, la duración de ejecución del proyecto es de 72 días.

18. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

En la siguiente tabla, se muestra el resumen del presupuesto del proyecto a desarrollar desglosado por capítulos.

CAPÍTULO	IMPORTE (€)
1. Movimiento de tierras	21.970,98
2. Canalización	62.308,03
3. Valvulería	2.043,53
4. Medición	89,19
5. Cabezal de riego	13.701,97
6. Instalación fotovoltaica	23.983,80
7. Gestión de residuos	608,58
8. Seguridad y salud	2.201,92
Presupuesto de ejecución material	126.908,00
13 % de gastos generales	16.498,04
6 % de beneficio industrial	7.614,48
Presupuesto de ejecución por contrata	151.020,52
21 % IVA	31.714,31
Presupuesto global	182.734,31

El presupuesto global asciende a la cantidad de **CIENTO OCHENTA Y DOS MIL SETECIENTOS TREINTA Y CUATRO EUROS CON TREINTA Y UN CENTÍMOS.**

Fdo. Alba Pérez Albalate



Graduada en el Máster de Ingeniería Agronómica

Valencia, Julio de 2019