



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Curso Académico:

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer este trabajo a mi familia por despertar mi interés sobre la vida agrícola desde pequeño y apoyarme en este proyecto.

También me gustaría agradecer a Ana y su familia, por la gran ayuda que me han aportado.

Por último, a mi tutor y cotutor por ayudarme y aconsejarme cuando he precisado.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fin de grado (TFG) es realizar el diseño y dimensionado de una red de riego para una parcela de viñedo de 30ha ubicada en Los Pedrones, Comarca de Requena-Utiel.

Se realizará un diseño mediante un modelo hidráulico realizado con el programa informático EPAnet.. Se dimensionará la red para definir los diámetros de las tuberías, válvulas y necesidades de bombeo. Se determinarán los diámetros usando la pendiente hidráulica máxima disponible para lograr que todos los nudos de la red tengan la presión mínima requerida.

Una vez dimensionada la red de riego, se realizará un análisis de optimización energética en los siguientes supuestos: bombeo mediante un generador diésel, bombeo conectado a la electricidad, bombeo con balsa de riego y uso de paneles fotovoltaicos. Para cada caso se calculará su coste y consumo energético, para poder comprobar el sistema más rentable.

Por tanto, el presente TFG contempla el diseño de una red de riego, el dimensionado de toda la instalación y el posterior análisis de optimización energética para varios escenarios. Se realizará análisis de resultados obtenidos y sus conclusiones principales, detallando el presupuesto de la instalación. Este trabajo de fin de grado tiene una gran relación con asignaturas vistas durante el grado de Ingeniería de la Energía como mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas ya que vamos a usar programas como EPAnet y aplicar los conocimientos de fluidos para tuberías, bombas y todo el sistema de redes de riego que aprendí en estas, además de otras asignaturas como máquinas térmicas para el motor generador diésel, de fotovoltaica y otras asignaturas para el tema eléctrico y de paneles fotovoltaicos, y de la asignatura Proyectos para el tema de presupuestos y viabilidad de la propuesta.

Palabras Clave: EPAnet, riego, Requena, fotovoltaica, paneles, motor, diésel, energético, coste, bomba

RESUM

L'objectiu d'este treball fi de grau (TFG) és realitzar el disseny i dimensionat d'una xarxa de reg per a una parcel·la de vinya de 30ha ubicada en Los Pedrones, Comarca de Requena-Utiel. Es realitzarà un disseny per mitjà d'un model hidràulic realitzat amb el programa informàtic EPANet.

Es dimensionarà la xarxa per a definir els diàmetres de les canonades, vàlvules i necessitats de bombament. Es determinaran el diàmetres usant la pendent hidràulica màxima disponible per a aconseguir que tots els nucs de la xarxa tinguen la pressió mínima requerida.

Una vegada dimensionada la xarxa de reg, es realitzarà un anàlisi d'optimització energètica en els supòsits següents: bombament per mitjà d'un generador dièsel, bombament connectat a l'electricitat, bombament amb bassa de reg i ús de panells fotovoltaics. Per a cada cas es calcularà el seu cost i consum energètic, per a poder comprovar el sistema més rendible.

Per tant, el present TFG contempla el disseny d'una xarxa de reg, el dimensionat de tota la instal·lació i la posterior anàlisi d'optimització energètica per a uns quants escenaris. Es realitzarà anàlisi de resultats obtinguts i les seues conclusions principals, detallant el pressupost de la instal·lació. Este treball de fi de grau té una gran relació amb assignatures vistes durant el grau d'Enginyeria de l'Energia com a mecànica de fluids i màquines hidràuliques ja que usarem programes com EPANet i aplicar els coneixements de fluids per a canonades, bombes i tot el sistema de xarxes de reg que vaig aprendre en estes, a més d'altres assignatures com màquines tèrmiques per al motor generador dièsel, de fotovoltaica i altres assignatures per al tema elèctric i de panells fotovoltaics, i de l'assignatura Projectes per al tema de pressupostos i viabilitat de la proposta.

Paraules clau: EPANet, reg, Requena, fotovoltaica, panells, motor, dièsel, energètic, cost, bomba

ABSTRACT

The objective of this final degree project (TFG) is to design and dimension an irrigation network for a 30ha vineyard plot located in Los Pedrones, Requena-Utiel region.

A design will be made using a hydraulic model made with the EPANet computer program. The network will be dimensioned to define the diameters of the pipes, valves and pumping needs. The diameters will be determined using the maximum hydraulic slope available to achieve that all the nodes of the network have the minimum pressure required.

Once the irrigation network has been dimensioned, an energy optimization analysis will be carried out in the following cases: pumping through a diesel generator, pumping connected to electricity, pumping with an irrigation pond and use of photovoltaic panels. For each case, its cost and energy consumption will be calculated, in order to verify the most profitable system.

Therefore, this TFG contemplates the design of an irrigation network, the dimensioning of the entire installation and the subsequent energy optimization analysis for various scenarios. An analysis of the results obtained and its main conclusions will be carried out, detailing the installation budget. This final degree project has a great relationship with subjects seen during the Energy Engineering degree such as fluid mechanics and hydraulic machines since we are going to use programs such as EPANet and apply the knowledge of fluids for pipes, pumps and the entire system. of irrigation networks that I learned in these, in addition to other subjects such as thermal machines for the diesel generator engine, photovoltaics and other subjects for the electrical subject and photovoltaic panels, and the subject Projects for the subject of budgets and feasibility of the proposal.

Keywords: EPANet, irrigation, Requena, photovoltaic, panels, motor, diesel, energy, cost, pump

ÍNDICE

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG

- Memoria
- Presupuesto
- Planos

ÍNDICE DE LA MEMORIA

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	17
1.1. SITUACIÓN COMARCAL	17
1.2. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	18
1.3. CLIMATOLOGÍA	18
1.4. LA VID	19
1.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA VID	20
1.4.2. CAMBIOS AGRÍCOLAS A LO LARGO DEL TIEMPO	22
1.5. ANTECEDENTES, MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS	24
1.5.1 ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN	24
1.5.2 OBJETIVOS	26
CAPÍTULO 2. DISEÑO INSTALACIÓN	27
2.1 ESTUDIO TERRENO	27
2.1.1 REFERENCIAS CATASTRALES	27
2.1.2 AREAS PARCELAS Y ALTITUDES	28
2.2 DISEÑO CIRCUITO RIEGO	31
2.3 DIMENSIONADO TUBERÍAS	32
2.3.1 CAUDALES	32
2.3.1.1 CAUDAL MÁXIMO	33
2.3.2 DIÁMETROS TUBERÍAS	33
2.3.3 PERDIDAS TUBERÍAS	35

2.4 DISEÑO POZO	40
2.5 DIMENSIONADO BOMBA	41
CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DISTINTAS FUENTES ENERGÍA	45
3.1 INTRODUCCIÓN ESTUDIO	45
3.2 PANELES FOTOVOLTAICOS	45
3.2.1 CÁLCULO PANELES FOTOVOLTAICOS	45
3.2.2 DISEÑO PANELES FOTOVOLTAICOS	50
3.2.3 PRESUPUESTO PANELES FOTOVOLTAICOS	52
3.2.4 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL PANELES FOTOVOLTAICOS	53
3.3 RED ELÉCTRICA	54
3.3.1 CÁLCULO RED ELÉCTRICA	54
3.3.2 DISEÑO RED ELÉCTRICA	55
3.3.3 PRESUPUESTO RED ELÉCTRICA	56
3.3.4 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL RED ELÉCTRICA	56
3.4 MOTOR DE COMBUSTIÓN	57
3.4.1 CÁLCULO MOTOR DE COMBUSTIÓN	57
3.4.2 DISEÑO MOTOR DE COMBUSTIÓN	57
3.4.3 PRESUPUESTO MOTOR DE COMBUSTIÓN	58
3.4.4 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL MOTOR DE COMBUSTIÓN	59
3.5 COMPARACIÓN DIVERSAS FUENTES DE ENERGÍA	59
3.6 IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA EN EPANET	61
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES	67
CAPÍTULO 5. BIBLIOGRAFÍA	69

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN PRESUPUESTO	73
CAPÍTULO 2. PRESUPUESTO PROYECTO	75
2.1 SISTEMA DE RIEGO	75
2.1.1 SISTEMA RIEGO: MATERIALES	75
2.1.2 SISTEMA RIEGO: PERSONAL Y MAQUINARIA	78
2.1.3 SISTEMA RIEGO: TOTAL	78

2.2 CONSTRUCCIÓN POZO Y CASETA	79
2.2.1 CONSTRUCCIÓN POZO Y CASETA: PERSONAL, MAQUINARIA Y MATERIAL	79
2.3 CONSTRUCCIÓN BALSA	79
2.3.1 CONSTRUCCIÓN BALSA: MATERIALES	79
2.3.2 CONSTRUCCIÓN BALSA: PERSONAL Y MAQUINARIA	80
2.3.3 CONSTRUCCIÓN BALSA: TOTAL	80
2.4 SISTEMA ENERGÉTICO	81
2.4.1 SISTEMA ENERGÉTICO: MATERIALES	81
2.4.2 SISTEMA ENERGÉTICO: PERSONAL	82
2.4.3 SISTEMA ENERGÉTICO: TOTAL	82
2.5 RESUMEN Y TOTAL DEL PRESUPUESTO	83

ÍNDICE DE LOS PLANOS

PLANO 1. Zanja de riego	87
PLANO 2. Caseta de pozo	87
PLANO 3. Balsa de riego	88
PLANO 4. Tuberías de suministro principales	88
PLANO 5. Estación de bombeo	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Situación geográfica comarca Requena-Utiel	17
Figura 2. Gráfico comparativo temperatura media	18
Figura 3. Gráfico comparativo precipitaciones medias	19
Figura 4. Comparación tipos uva	20
Figura 5. Ciclo de vida de la vid	21
Figura 6. Agua necesaria para la vid en cada proceso	22
Figura 7. Viña en forma de vaso y en forma de T	23
Figura 8. Abonado por goteo	24
Figura 9. Delimitación acuíferos comarca Requena-Utiel	25
Figura 10. Localización pozos bombeo comarca Requena-Utiel	25
Figura 11. Numeración parcelas	27

Figura 12. Áreas parcela proyecto	28
Figura 13. Altitudes parcelas proyecto	29
Figura 14. Terreno pozo riego	30
Figura 15. Diseño circuito riego	31
Figura 16. Proceso del cálculo del caudal por hectárea	32
Figura 17. Tipos tierra excavación	40
Figura 18. Esquema perforación pozo	41
Figura 19. Características bomba catálogo	46
Figura 20. Bomba modelo SXT 45/16	46
Figura 21. Catálogo paneles fotovoltaicos	47
Figura 22. Esquema unifilar instalación fotovoltaica	49
Figura 23. Curvas características bombas	50
Figura 24. Curvas características bomba RNL 65-160 a 2900 rpm	50
Figura 25. Diseño instalación placas fotovoltaicas	51
Figura 26. Distancia entre placas	52
Figura 27. Características bombas	55
Figura 28. Diseño instalación red eléctrica	56
Figura 29. Generador modelo AXIONSS-50	58
Figura 30. Diseño instalación motor de combustión	58
Figura 31. Comparación económica de las diversas fuentes de energía	60
Figura 32. Beneficios de las diferentes fuentes de energía en 10 años.....	61
Figura 33. Impacto ambiental de las diferentes fuentes de energía	61
Figura 34. Sectores parcelas riego	62
Figura 35. Patrón bomba de riego	63
Figura 36. Curva característica bomba RNL 65/160	64
Figura 37. Riego del sector 3 en EPANET	64
Figura 38. Presiones de la parcela 5 en EPANET	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caudales parcelas	33
Tabla 2. Diámetros tuberías	34
Tabla 3. Diámetros tubería goteo	35

Tabla 4. Factores de pérdidas de fricción de tuberías generales (1/2)	36
Tabla 5. Factores de pérdidas de fricción de tuberías generales (2/2)	37
Tabla 6. Factores de pérdidas de fricción de tuberías goteo	37
Tabla 7. Pérdidas hasta el punto más desfavorable de cada parcela (1/3)	38
Tabla 8. Pérdidas hasta el punto más desfavorable de cada parcela (2/3)	39
Tabla 9. Pérdidas hasta el punto más desfavorable de cada parcela (3/3)	40
Tabla 10. Alturas de la bomba	42
Tabla 11. Presiones parciales necesarias	43
Tabla 12. Presupuesto paneles fotovoltaicos	53
Tabla 13. Impacto medioambiental paneles fotovoltaicos	54
Tabla 14. Presupuesto instalación red eléctrica	56
Tabla 15. Impacto medioambiental instalación eléctrica	57
Tabla 16. Presupuesto instalación motor de combustión	59
Tabla 17. Impacto medioambiental instalación motor de combustión	59
Tabla 18. Sectores parcelas riego	62
Tabla 19. Presupuesto materiales del sistema de riego (1/3)	75
Tabla 20. Presupuesto materiales del sistema de riego (2/3)	76
Tabla 21. Presupuesto materiales del sistema de riego (3/3)	77
Tabla 22. Presupuesto personal y maquinaria del sistema de riego	78
Tabla 23. Presupuesto total del sistema de riego	78
Tabla 24. Presupuesto total de la construcción del pozo y de la caseta	79
Tabla 25. Presupuesto materiales para la construcción de la balsa	79
Tabla 26. Presupuesto personal y maquinaria para la construcción de la balsa	80
Tabla 27. Presupuesto total para la construcción de la balsa	80
Tabla 28. Presupuesto materiales para la implementación del sistema energético	81
Tabla 29. Presupuesto personal para la implementación del sistema energético	82
Tabla 30. Presupuesto total para la implementación del sistema energético	82
Tabla 31. Presupuesto total del proyecto	83

MEMORIA

1.2. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

El término municipal de Requena es una meseta cuya latitud se encuentra entre los 550 y 750 m. La zona cuenta con una gran riqueza forestal, predominando bosque de carrascas, encinas y pinos propios de la provincia de Valencia. (Mateo Sanz, 2018) (Piqueras Haba, 1976)

Respecto al aspecto geológico, cabe destacar los diferentes tipos de suelos presentes en el terreno. Se pueden encontrar desde arenas rojas, caliza y pizarra, hasta incluso zonas de salinas. El tipo de suelo afecta al tipo de cultivo que se practica en ellas. Además de la viña, que es la predominante, también se pueden encontrar otros cultivos de gran importancia como es el almendro y el olivo. (Mateo Sanz, 2018) (Piqueras Haba, 1976)

1.3. CLIMATOLOGÍA

El clima de la comarca Requena-Utiel difiere del de la ciudad de Valencia. Esto se debe a que se encuentra en la parte interior de la provincia y a mayor altitud, lo que provoca que las temperaturas varíen unos 5 °C durante todo el año. Se considera un territorio seco con influencia continental. Su temperatura media anual está sobre los 14 °C, variando esta entre una media de 23 °C en julio y 6 °C en diciembre.

A continuación, se muestra un gráfico en el que se pueden comparar las temperaturas medias de Requena y de Valencia a lo largo de los meses.

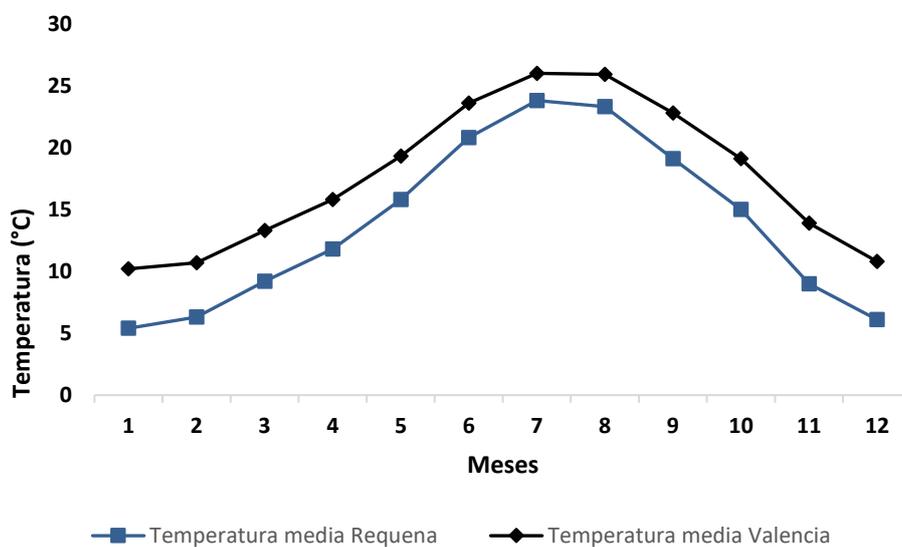


Figura 2. Gráfico comparativo temperatura media (Datosclima, n.d.)

Analizando la figura anterior, se puede observar la diferencia de aproximadamente 5°C entre la temperatura media de Requena y la de Valencia durante todo el año. El territorio requenense presenta temperaturas más frías, lo que puede provocar en los meses de octubre a mayo heladas que pueden perjudicar a los cultivos provocando un atraso de la floración.

Respecto a las precipitaciones, en el gráfico siguiente se pueden observar las precipitaciones medias a lo largo del año en Requena y en la ciudad de Valencia.

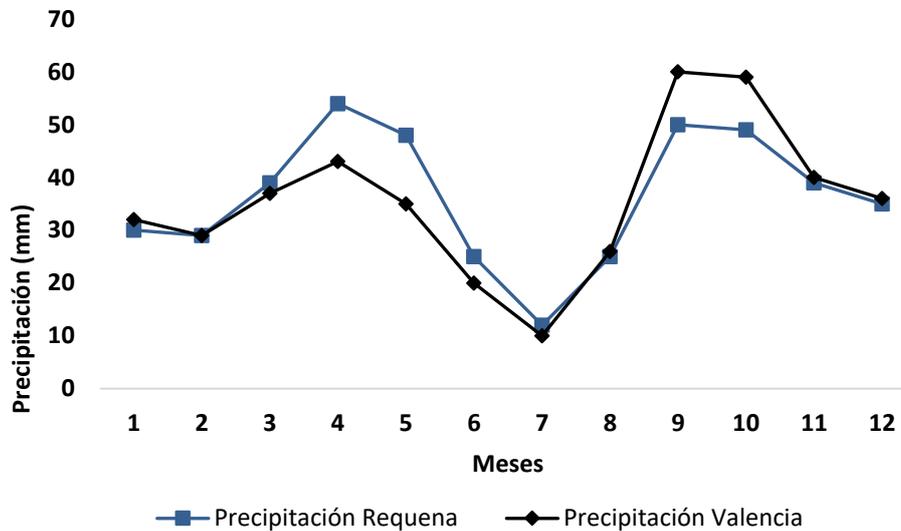


Figura 3. Gráfico comparativo precipitaciones medias(*Datosclima, n.d.*)

En el caso de Requena, las precipitaciones son mayores de febrero a agosto, obteniendo el mayor pico de abril a mayo con una precipitación de 50 a 55 mm. La suma de todas las precipitaciones promedias obtenidas en cada mes da un total de 435 mm anuales aproximadamente. Las precipitaciones también afectan directamente a los cultivos de una zona.

1.4. LA VID

La comarca Requena-Utiel presenta gran diversidad en el tipo de terreno, con un clima más frío que el presente en el resto de la provincia y con unas precipitaciones bastante elevadas durante el periodo de abril a mayo. Todas estas características, afectan al tipo de cultivo de la zona. Ya se ha comentado que la zona tiene gran diversidad de vegetación, predominando el almendro, el olivo y en especial la vid. (Soriano Benavent, 2020)

En cuanto a la diversidad vinícola en la zona, hay una gran variedad de tipos de uva, exactamente 17. Algunas de las más conocidas son: Tempranillo, Merlot, Cabernet, Garnacha y Bobal, todas ellas para la producción de vino tinto, destacando la Bobal por su mayor cultivo en la comarca. Con el paso de los años, los agricultores se han ido adaptando a las nuevas demandas por parte del consumidor, aumentando la producción de uva blanca para la elaboración de cava y vinos espumosos. Algunos de los tipos de uva blanca más relevantes son: Macabeo, Tardana y Chardonnay. (Cárcel Cárcel, 2011)

A continuación, se muestra un gráfico en el que se puede observar y comparar los porcentajes de producción de los diversos tipos de uva, según si son destinadas a la producción de vino tinto (Bobal, Tempranillo y Otras) o de vino blanco.

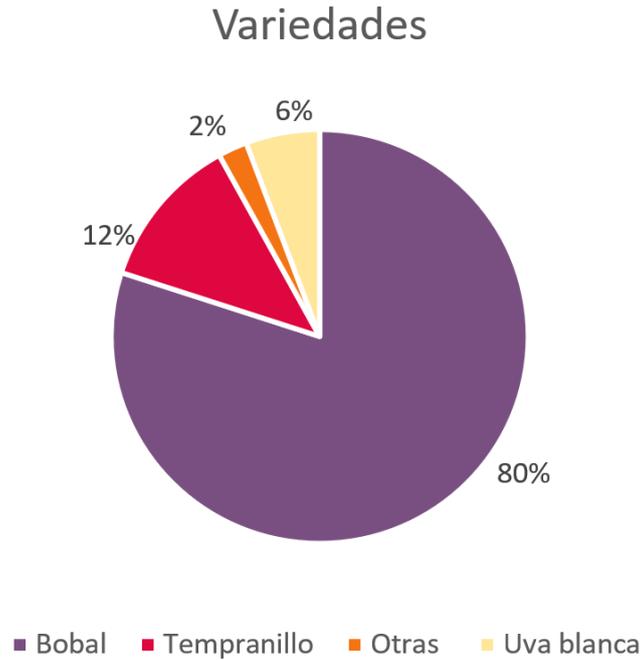


Figura 4. Comparación tipos uva

En la figura, se puede observar como el mayor porcentaje producción es perteneciente a la uva de clase Bobal, variedad autóctona y dominante. También cabe destacar, que sumando los porcentajes de la uva destinada a la elaboración de vino tinto (Bobal, Tempranillo y Otros tipos) da un total del 94 % que comparado con el 6 % de la uva destinada para el vino blanco, es un valor bastante mayor, por lo que se puede concluir que la comarca Requena-Utiel es característica por el vino tinto. (Cárcel Cárcel, 2011)

1.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA VID

La vid necesita una climatología específica para dar buenos resultados respecto a la producción. La comarca Requena-Utiel tiene una climatología apta para este cultivo, de ahí que sea el más predominante de la zona. Las viñas tienen un ciclo de vida que va acorde con los meses del año.

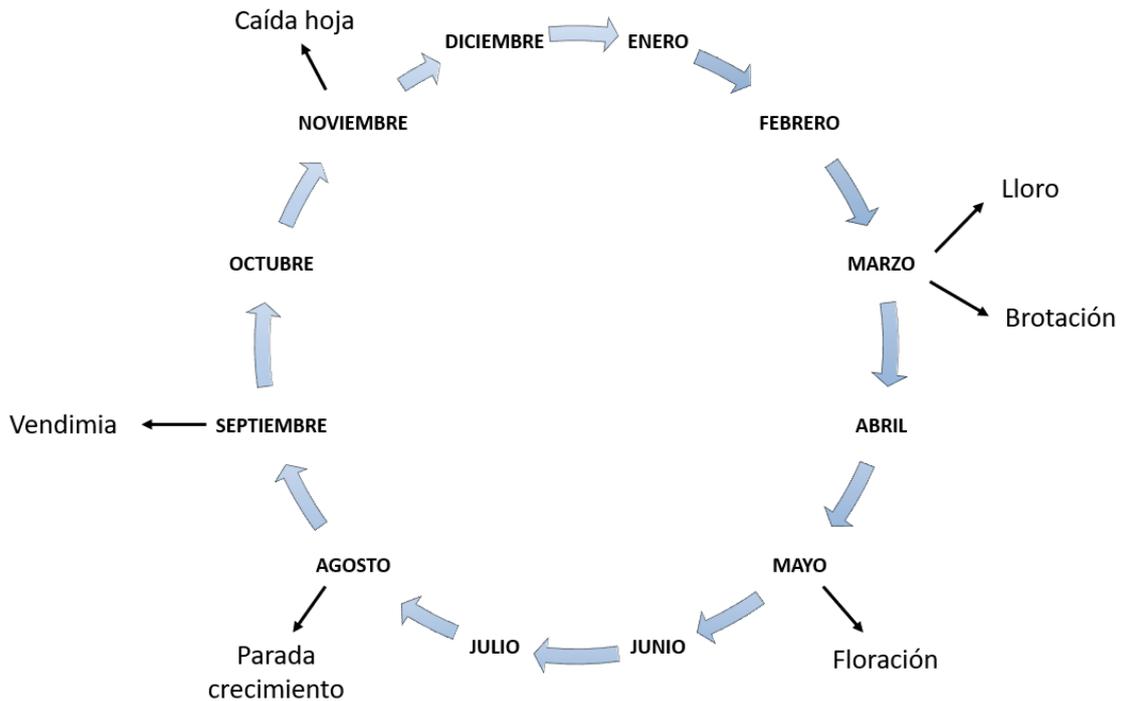


Figura 5. Ciclo de vida de la vid

En la figura se pueden observar los diferentes procesos por los que pasa a lo largo de su vida la vid.

En marzo, se produce el lloro y la brotación. El lloro es cuando la savia cae por donde están los cortes de podar en forma de gotas como si fueran lágrimas, de ahí el nombre de “lloro”. Y la brotación, hace referencia al nacimiento de los brotes que posteriormente se convertirán en hojas. En mayo, se lleva a cabo la floración, donde se producen las flores que posteriormente serán uvas. En agosto, se para el crecimiento de la uva. En septiembre, se puede proceder a la vendimia, que es la recolecta de la uva. Y, por último, en noviembre, se cae la hoja de las viñas. (Reynier, 2012)

El ciclo de vida de la vid, va acompañado de las condiciones climatológicas que se dan en cada cierta temporada. Como se ha comentado en apartados anteriores, las temperaturas medias de la zona, varían entre 23 °C en julio y 6 °C en diciembre. Y las precipitaciones oscilan entre 10 mm en julio a 55 mm en abril. Ambos parámetros acompañan los diversos procesos por los que pasa la vid en su ciclo de vida.

Una de las características de la vid, es que no necesita gran aportación de agua para subsistir, ya que requieren unos 300 litros para la formación de 1 kg de materia seca. Tan solo precisa de 250 mm anuales para aguantar grandes temperaturas, y unas precipitaciones anuales que varíen entre los 400-800 mm serían suficientes para obtener vinos de gran calidad. (Reynier, 2012)

Agua necesaria para la vid

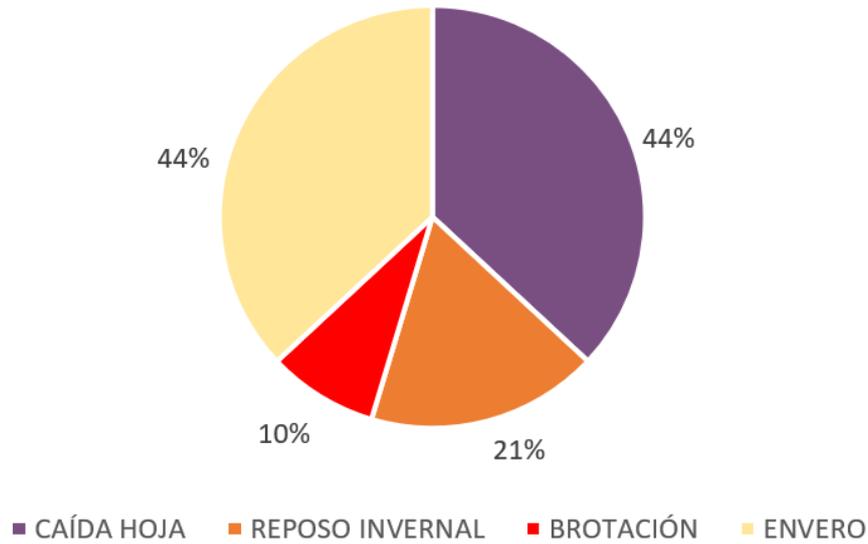


Figura 6. Agua necesaria para la vid en cada proceso

Con la gráfica anterior, se puede conocer el agua necesaria para cada proceso del ciclo de vida de la vid. Siendo las etapas de envero, también llamado maduración del fruto, y caída de la hoja en las que más agua se necesita. Después les sigue la etapa del reposo invernal y por último la brotación, etapa donde menos agua se necesita. (Reynier, 2012)

Por lo tanto, en la etapa de envero que se requiere de gran aporte hídrico para la vid, a veces solo con las precipitaciones no es suficiente, ya que justo coinciden con los meses veraniegos con menores precipitaciones, por ello se podrían implementar sistemas de riego para evitar que se produzca un estrés en el cultivo por falta de agua. (Reynier, 2012)

1.4.2. CAMBIOS AGRÍCOLAS A LO LARGO DEL TIEMPO

El sector agrícola, a lo largo de los años ha ido adaptándose, ya no solo a las nuevas demandas de los consumidores, sino también a los desarrollos tecnológicos que iban surgiendo, para así mejorar el rendimiento y comodidad en sus tierras. Un ejemplo sería las cepas emparradas, también llamadas espalderas, sustituyendo así las cepas de vaso convencionales.



Figura 7. Viña en forma de vaso y en forma de T

En las figuras se muestra una viña en forma de vaso, en la imagen de la izquierda, y otra en forma de T, en la imagen de la derecha. En el caso de la viña con forma de vaso, la fotografía pertenece a la época de verano donde las hojas están en su máximo esplendor y la uva ya ha florecido. En cambio, en el caso de la viña en forma de T, la fotografía es de otoño para que así se pueda apreciar mejor esa forma característica que tiene.

La viña en forma de vaso destaca, como su propio nombre indica, por su forma de copa. En cambio, la viña emparrada tiene forma de “T”. En el caso de la viña emparrada, se forman largas filas de cultivo guiadas y sujetas con alambres y postes, con esta mejora, se aprovechan mejor los espacios, pudiendo aumentar el número de cepas por hectárea, y así también poder mecanizar todos los procesos hasta la obtención de la uva. A la hora de la recolecta de la uva, se pueden emplear máquinas vendimiadoras para ello y así disminuir el tiempo de trabajo físico mejorando la velocidad de recolecta. (Valor, Oswaldo; Bautista, 2002)

Otro de los avances que más se ha visto durante los últimos años, es la implantación de diversos tipos de riego, el más destacado, por goteo. Las ventajas de este, es la posibilidad de trabajar con una presión mucho menor en el sistema de bombeo. Con estos, se mejora la producción optimizando la relación grado/peso, es decir, la dulzura y calidad de la uva respecto a su peso. (Valor, Oswaldo; Bautista, 2002)

A esta mejora, se le suma la aportación de nutrientes mediante el abonado, este se puede realizar de dos formas, mediante el abonado de materia sólida directamente en la parcela, o aprovechando el sistema de riego por goteo, añadiendo abono líquido a este y regando las cepas a la vez que se fertilizan; para ello, se utilizan unos bidones donde se diluye el

abono líquido con el agua y se homogeniza para ser enviado a la red de riego y una bomba dosificadora para inyectar el líquido en el riego.(Feria, 2002)



Figura 8. Abonado por goteo

1.5. ANTECEDENTES, MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS

1.5.1. ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN

En los apartados anteriores se han comentado los desarrollos que se han llevado a cabo a lo largo de los años para optimizar la producción de la uva. Cada vez, son mayores los agricultores que optan por la implantación de un sistema de riego para así mejorar el rendimiento de sus cultivos, ya que, para algunos procesos dentro del ciclo de vida de las viñas, son necesarias unas precipitaciones que no siempre suceden y pudiendo causar estrés en la vid y por lo tanto perjudicar en la producción. Pero todo ello siempre respetando y buscando la calidad del producto.

En este proyecto se pretende diseñar y dimensionar un sistema de riego alimentado con aguas subterráneas. La motivación para realizar este TFG, surgió durante la realización de prácticas de empresa. En estas, observé que el agricultor tenía parte de su cultivo sin riego y vi

una gran oportunidad para instalar un sistema de riego y comparar las diversas formas energéticas para hacerlo funcionar de la forma más económica y siempre respetando el medio ambiente, es decir, realizando un proyecto sostenible.

La posibilidad de construir un pozo para la extracción de agua de riego proviene de la existencia de acuíferos subterráneos en la comarca Requena-Utiel, en total una superficie de 988 km² de masa de agua.(URIZAR, 2011)

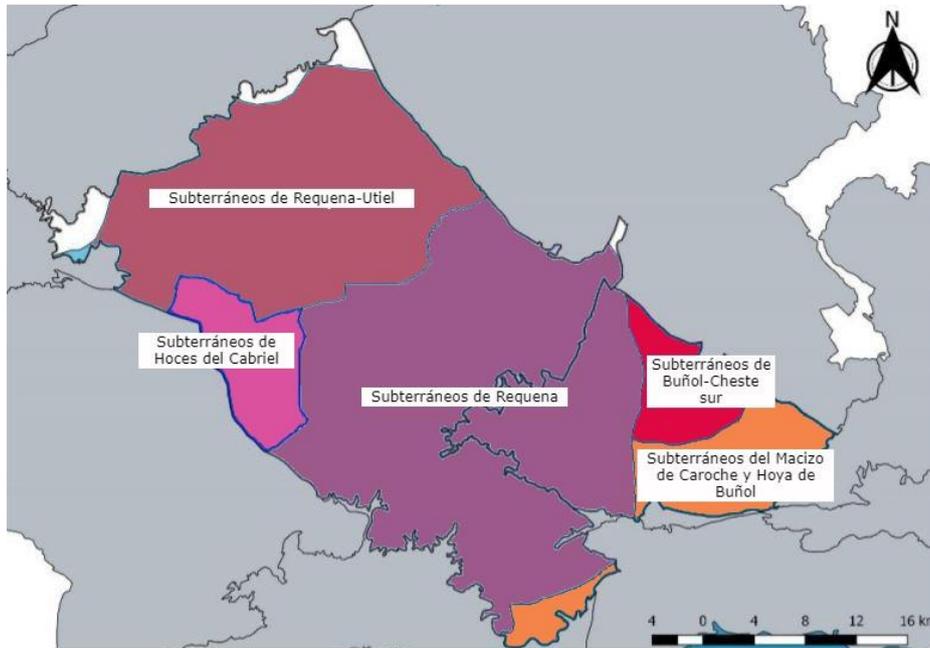


Figura 9. Delimitación acuíferos comarca Requena-Utiel

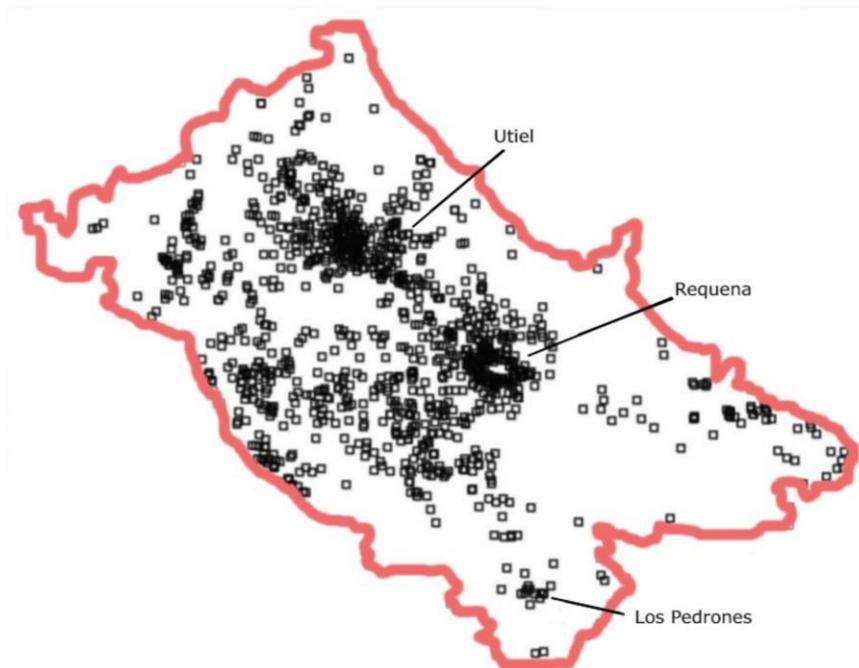


Figura 10. Localización pozos bombeo comarca Requena-Utiel

La localidad de Los Pedrones se sitúa en el subterráneo de Requena, este está concurrido por un gran número de pozos. En concreto, en esta población, se puede apreciar un foco, lo cual nos da información positiva para la obtención de agua.

Este trabajo, es un proyecto muy práctico, ya que cada vez es mayor el número de agricultores que desean implantar mejoras en sus cultivos, como es el sistema de riego. Gracias a este desarrollo, la producción será más eficiente, y por lo tanto se aumentará la rentabilidad de la producción de uva.

1.5.2. OBJETIVOS

El objetivo principal del proyecto es el diseño de un sistema de riego para abastecer a unas 25 ha de cultivo de vid en la localidad de Los Pedrones, Requena.

Para lograr el objetivo principal hay que llevar a cabo una serie de objetivos secundarios, como son:

- Acotación del terreno a llevar a estudio y toma de mapas con el empleo del Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SigPac), extrayendo los valores de áreas y latitudes de las diferentes parcelas.
- Modelado del sistema mediante el programa informático EPANET.
- Dimensionado del sistema, obteniendo los caudales, diámetros y pérdidas de carga en las tuberías.
- Diseño y construcción del pozo para la extracción de agua del acuífero.
- Dimensionado de la bomba sumergible empleada para la extracción de agua del pozo.
- Comparación del abastecimiento de energía mediante diferentes vías: placas solares, electricidad y motor de combustión, realizando el diseño, cálculos y presupuesto de cada una de ellas, comparándolas y eligiendo la mejor opción desde el punto de vista económico y sostenible.
- Comprobación del sistema dimensionado mediante la herramienta EPANET.

CAPÍTULO 2. DISEÑO INSTALACIÓN

2.1. ESTUDIO TERRENO

El proyecto se basa en la instalación de un sistema de riego en un terreno ubicado en la localidad de Los Pedrones, aldea del municipio de Requena.

Mediante el programa SigPac, cuyas siglas provienen de Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas, se pueden localizar y medir las parcelas en las que se quiere instalar el sistema.

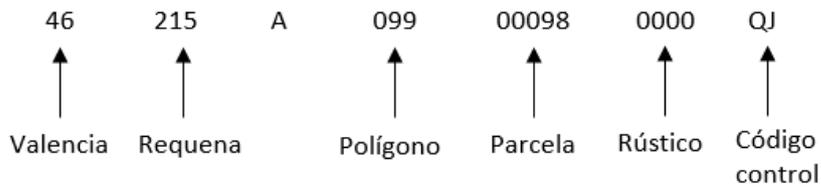
2.1.1. REFERENCIAS CATASTRALES

A continuación, se muestran las parcelas a llevar a estudio:



Figura 11. Numeración parcelas

Cuyas referencias catastrales son:



- 46215A09900155QK
- 46215A09900138QA
- 46215A09900137QW
- 46215A09900136QH
- 46215A09900290QX
- 46215A09900344QM

2.1.2. ÁREAS PARCELAS Y ALTITUDES

Todas estas parcelas ya ubicadas, tienen cultivos de viñas y son en las que se pretende instalar el sistema de riego. Para ello, hay que conocer las altitudes y áreas de cada parcela, para el posterior dimensionado del sistema. Mediante el programa SigPac se pueden conocer estos valores.

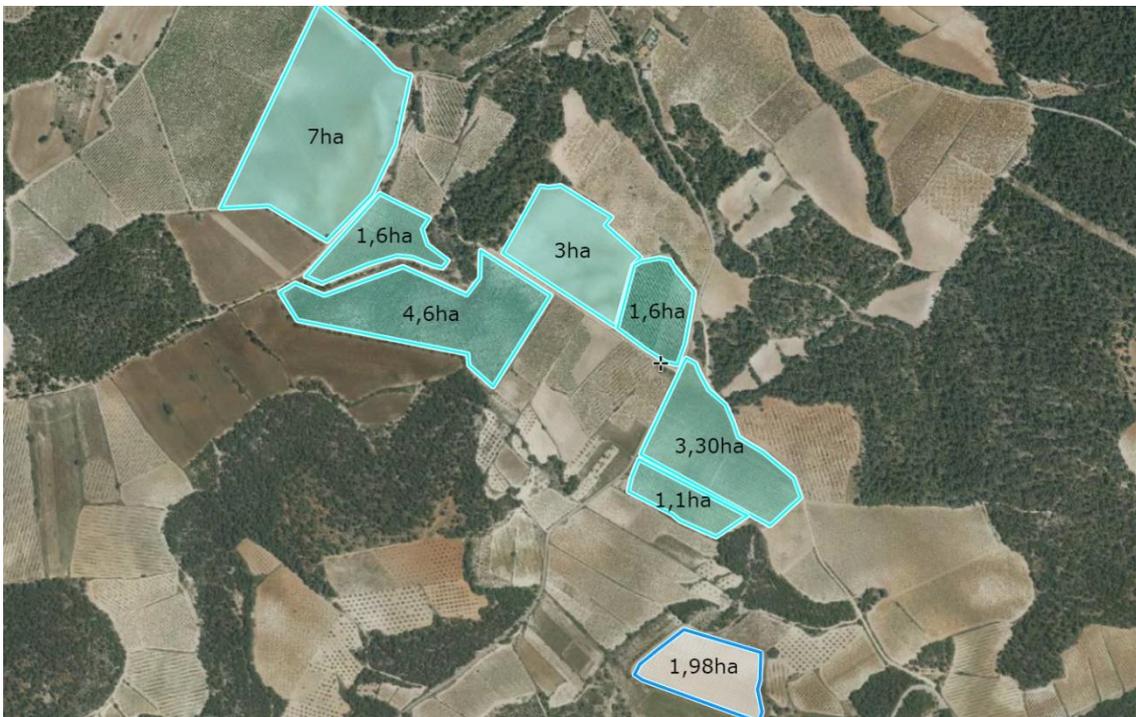


Figura 12. Áreas parcelas proyecto



Figura 13. Altitudes parcelas proyecto

Ya conocidos todos los valores anteriores, se puede proceder al diseño del sistema de riego. Se ha comentado en apartados anteriores, que el sistema de riego incluye un pozo con el que extraer agua, para ello hay que elegir una parcela para ubicarlo. En este caso se ha elegido la parcela que puede observarse en la Figura 14, propiedad del agricultor, ya que es la que presenta mayor altitud, ya que aporta altura (energía) a la hora de regar.



Figura 14. Terreno pozo riego

2.2. DISEÑO CIRCUITO RIEGO

Conociendo las características principales de los terrenos del proyecto, ya se puede diseñar mediante el programa EPANET el circuito que llevará el sistema de riego.



Figura 15. Diseño circuito riego

En el circuito se observan, los puntos de abastecimiento pertenecientes a cada terreno, las válvulas de cada tubería para así poder elegir qué parcelas regar en cada momento y el pozo con la bomba para la extracción de agua.

En EPANET, se deben introducir en cada punto las características que se presenten, así como es la cota, la curva característica de la bomba, diámetros, factores de pérdidas y patrones.

2.3. DIMENSIONADO TUBERÍAS

2.3.1. CAUDALES

Ya diseñado el circuito de riego mediante la herramienta EPANET, se debe proceder al dimensionado de las tuberías, para ello en primer lugar se procede al cálculo de los caudales.

La Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) determina el volumen de agua que se puede regar por hectárea según el territorio. En 2021, en el caso de la comarca Requena-Utiel, se ha establecido que se puede regar $600 \text{ m}^3/\text{ha}$ por año.

Para el cálculo del caudal de cada parcela del proyecto hay que fijarse en ese valor, pero también hay que tener en cuenta que cada año ese valor va variando y la instalación tiene que estar correctamente diseñada aunque este valor aumente. Por ello, la instalación de riego se va a dimensionar para un valor de $1000 \text{ m}^3/\text{ha}$ por año.

Si en el trabajo en cuestión, la suma de las áreas de las parcelas da un total de $24,2 \text{ ha}$ y se ha comentado que se van a regar $1000 \text{ m}^3/\text{ha}$ al año, entonces, en total, se necesitan $24.200 \text{ m}^3/\text{año}$.

Teniendo en cuenta el ciclo de vida de las cepas explicado en apartados anteriores, se puede observar que solo es necesario el riego en 4 meses del año. Si cada hectárea se riega una vez por semana y se tienen que regar aproximadamente 24 ha , hay que regar 6 días a la semana, 4 ha cada día. Entonces, al cabo de un año, cada hectárea se riega un total de 16 días durante 8 horas cada día, lo que da un total de 128 h/año . Pudiendo regar $1.000 \text{ m}^3/\text{año}$ cada hectárea y 128 h/año , da un total de $7.812,5 \text{ L/h/ha}$.

Teniendo en cuenta que aproximadamente hay plantadas 2.500 cepas por hectárea y que distan unas de otras $1,4 \text{ m}$, la longitud de tubería por hectárea es de 3500 m . Sabiendo que cada goteo se pone a un metro del anterior, hay 3500 goteos. Con el dato anterior del caudal de riego por hectárea de $7.812,5 \text{ L/año}$, se puede calcular que cada goteo debe tener un caudal de $2,23 \text{ L/h}$, pero no en los catálogos de dichas tuberías, no hay de ese valor, por lo que se ajustan los valores al caudal más próximo posible que es de $2,3 \text{ L/h}$. Y se recalcula el caudal por hectárea dando un valor de $8,05 \text{ m}^3/\text{h/ha}$. Ya se puede conocer el valor aproximado de caudal para cada parcela.

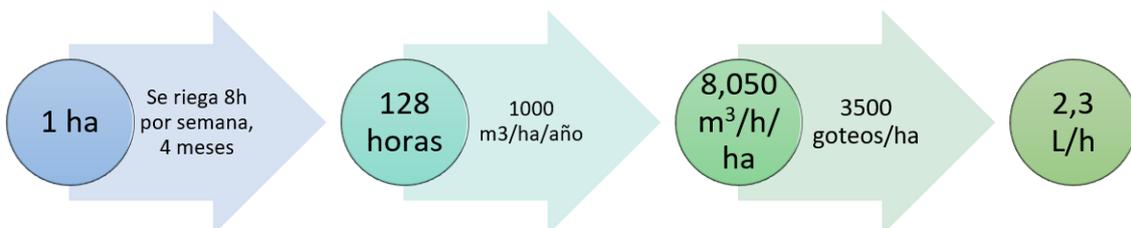


Figura 16. Proceso del cálculo del caudal por hectárea

Tabla 1. Caudales parcelas

PARCELA	ÁREAS (ha)	CAUDAL (m ³ /h)
PARCELA 1	1,98	15,94
PARCELA 2	1,1	8,86
PARCELA 3	3,3	26,57
PARCELA 4	1,6	12,88
PARCELA 5	3	24,15
PARCELA 6	4,6	37,03
PARCELA 7	1,6	12,88
PARCELA 8.1	4	32,20
PARCELA 8.2	3	24,15

Respecto a la parcela 8, se ha optado por dividirla en la parcela 8.1 y 8.2, ya que tiene un área total de 7 ha y se ha comentado anteriormente que se pretende regar aproximadamente 4 ha por día.

2.3.1.1. CAUDAL MÁXIMO

Para poder regar todo el cultivo, es necesario regar 4 ha por día aproximadamente. Es por ello, que a veces dos parcelas se regarán a la vez.

Para el dimensionado de las tuberías, es necesario obtener el caudal máximo y hacer los cálculos respecto a este. Para este proyecto, se estima que lo máximo que se regarían serían entorno a las 5 ha, entonces el caudal máximo es de 40,25 m³/h. Este será el caudal que lleve la tubería general.

2.3.2. DIÁMETROS TUBERÍAS

Ya conocidos los caudales circulantes, se procede al cálculo de los diámetros de las tuberías según las fórmulas siguientes:

$$S = \frac{Q}{v}$$

$$S = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

Despejando:

$$D = \sqrt{S \cdot \frac{4}{\pi}}$$

Donde:

Q = Caudal (m³/s)

S = Sección tubería (m²)

v = velocidad (m/s)

r = radio (m)

D = diámetro (m)

La velocidad del fluido debe estar entre los valores de 0,5 m/s y 2,5 m/s para evitar pérdidas mayores e ineficiencias. Para este caso se ha escogido una velocidad de 2 m/s.

Sustituyendo las fórmulas por los diferentes valores, se obtienen los siguientes diámetros máximos que se dan en cada parcela y en la tubería general:

Tabla 2. Diámetros tuberías

PARCELA	CAUDAL (m ³ /h)	SECCIÓN (m ²)	DIÁMETROS (mm)	DIÁMETROS NORMALIZADOS (mm)
PARCELA 1	15,94	0,00221389	53,09	63
PARCELA 2	8,86	0,00123056	39,58	40
PARCELA 3	26,57	0,00369028	68,55	75
PARCELA 4	12,88	0,00178889	47,73	50
PARCELA 5	24,15	0,00335417	65,35	75
PARCELA 6	37,03	0,00514306	80,92	90
PARCELA 7	12,88	0,00178889	47,73	50
PARCELA 8.1	32,2	0,00447222	75,46	90
PARCELA 8.2	24,15	0,00335417	65,35	75
TUBERÍA GENERAL	40,25	0,00559028	84,37	90

Hay que tener en cuenta, que esos diámetros son los mayores de cada parcela. De esa tubería a su vez, salen tuberías destinadas a las diversas filas de cepas y en cada parcela varían.

Tabla 3. Diámetros tubería goteo

PARCELA	CAUDAL (m ³ /h)	SECCIÓN (m ²)	DIÁMETROS TUBERÍAS GOTEO (mm)	DIÁMETROS NORMALIZADOS (mm)
PARCELA 1	0,409	0,00005681	8,5	16
PARCELA 2	0,422	0,00005861	8,64	16
PARCELA 3	0,590	0,00008194	10,21	16
PARCELA 4	0,348	0,00004833	7,84	16
PARCELA 5	0,464	0,00006444	9,06	16
PARCELA 6	0,268	0,00003722	6,88	16
PARCELA 7	0,222	0,00003083	6,27	16
PARCELA 8.1	0,447	0,00006208	8,89	16
PARCELA 8.2	0,483	0,00006708	9,24	16

2.3.3. PÉRDIDAS TUBERÍAS

El siguiente paso es calcular las pérdidas hidráulicas en las tuberías debidas a la fricción del agua. Esta se debe a la interacción de las partículas del agua con las paredes de la tubería. Para el cálculo, se hace uso de las siguientes fórmulas para el cálculo de las pérdidas por fricción: (Papaevangelou et al., 2010)

-Ecuación Darcy-Weisbach:

$$hf = \frac{8 \cdot f \cdot L}{\pi^2 \cdot D^5 \cdot g}$$

$$v = \frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot D^2}$$

$$Re = \frac{v \cdot D}{r}$$

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$$

$$j = f \cdot \frac{1}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = \frac{8 \cdot f}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5}$$

Donde:

f = factor de pérdidas de fricción

L = longitud de la tubería (m)

D = diámetro (m)

g = constante gravitatoria (9,81 m/s²)

v = velocidad del agua (m/s)

r = viscosidad cinemática (1,148 · 10⁻⁶ m²/s)

Re = número de Reynolds

Q = caudal (m³/s)

j = pendiente hidráulica (mca/m)

hf = pérdidas de carga debido a la fricción (mca)

Con la ayuda de las fórmulas, se calculan las pérdidas de las tuberías de cada parcela desde el pozo hasta el punto más desfavorable. En las siguientes tablas, en una se muestra los factores de pérdidas de fricción de la tubería general de cada parcela, y en la otra los factores de pérdidas de fricción de las tuberías de goteo de cada parcela.

Tabla 4. Factores de pérdidas de fricción de tuberías generales (1/2)

PARCELA	DIÁMETRO (mm)	v (m/s)	Re	f
PARCELA 1	63	1,42	77949,53	0,019
PARCELA 2	40	1,96	68240,07	0,020
PARCELA 3	75	1,67	109143,03	0,017
PARCELA 4	50	1,82	79361,81	0,019
PARCELA 5	75	1,52	99202,27	0,018
PARCELA 6	90	1,62	126758,45	0,017
PARCELA 7	50	1,82	79361,81	0,019

Tabla 5. Factores de pérdidas de fricción de tuberías generales (2/2)

PARCELA	DIÁMETRO (mm)	v (m/s)	Re	f
PARCELA 8.1	90	1,41	110224,74	0,017
PARCELA 8.2	75	1,52	99202,27	0,018
TUBERÍA GENERAL	90	1,76	137780,93	0,016

Tabla 6. Factores de pérdidas de fricción de tubería goteo

PARCELA	DIÁMETRO (mm)	v (m/s)	Re	f
PARCELA 1	16	0,57	7875,34	0,034
PARCELA 2	16	0,58	8125,65	0,033
PARCELA 3	16	0,82	11360,51	0,031
PARCELA 4	16	0,48	6700,77	0,035
PARCELA 5	16	0,64	8934,37	0,033
PARCELA 6	16	0,37	5160,37	0,037
PARCELA 7	16	0,31	4274,63	0,039
PARCELA 8.1	16	0,62	8607,03	0,033
PARCELA 8.2	16	0,67	9300,21	0,032

Ya conocidos los factores de pérdidas de fricción de cada uno de los tipos de tuberías existentes, se procede al cálculo de las pérdidas de cada parcela desde la bomba hasta el punto más desfavorable. Para ello, se han tenido en cuenta la variación del caudal conforme avanza la tubería general de cada parcela y los diferentes factores de fricción. En la siguiente tabla, se recoge un resumen de los resultados obtenidos finalmente.

Tabla 7. Pérdidas hasta el punto más desfavorable de cada parcela (1/3)

PARCELA	j (mca/m)	LONGITUD (m)	PÉRDIDAS (mca)
PARCELA 1			
TUBERÍA GOTEÓ	0,0294	179	6,18
TUBERÍA SECUNDARIA	0,0224	227,3	4,83
TUBERÍA GENERAL	0,0333	35	0,98
TOTAL			11,99
PARCELA 2			
TUBERÍA GOTEÓ	0,0216	185	6,60
TUBERÍA SECUNDARIA	0,0393	60,2	2,06
TUBERÍA GENERAL	0,0333	420	11,66
TOTAL			20,32
PARCELA 3			
TUBERÍA GOTEÓ	0,0615	255	16,77
TUBERÍA SECUNDARIA	0,0140	125	1,52
TUBERÍA GENERAL	0,0333	420	11,66
TOTAL			29,95
PARCELA 4			
TUBERÍA GOTEÓ	0,0214	150	3,87
TUBERÍA SECUNDARIA	0,0293	111,9	2,83
TUBERÍA GENERAL	0,0333	585,21	16,29
TOTAL			22,99

TABLA 8. PÉRDIDAS HASTA EL PUNTO MÁS DESFAVORABLE DE CADA PARCELA (2/3)

PARCELA	j (mca/m)	LONGITUD (m)	PÉRDIDAS (mca)
PARCELA 5			
TUBERÍA GOTEÓ	0,0381	202	8,75
TUBERÍA SECUNDARIA	0,0116	150,4	1,57
TUBERÍA GENERAL	0,0333	933,95	26,16
TOTAL			36,48
PARCELA 6			
TUBERÍA GOTEÓ	0,0127	117	1,90
TUBERÍA SECUNDARIA	0,0095	377,6	3,22
TUBERÍA GENERAL	0,0333	829,8	23,25
TOTAL			28,37
PARCELA 7			
TUBERÍA GOTEÓ	0,0087	96	1,12
TUBERÍA SECUNDARIA	0,0258	161,6	3,60
TUBERÍA GENERAL	0,0333	1169,38	32,75
TOTAL			37,47
PARCELA 8.1			
TUBERÍA GOTEÓ	0,0276	249,4	7,83
TUBERÍA SECUNDARIA	0,0129	195	2,26
TUBERÍA GENERAL	0,0333	1169,38	32,75
TOTAL			42,84

Tabla 9. Pérdidas hasta el punto más desfavorable de cada parcela (3/3)

PARCELA	j (mca/m)	LONGITUD (m)	PÉRDIDAS (mca)
PARCELA 8.2			
TUBERÍA GOTEÓ	0,0412	208	9,45
TUBERÍA SECUNDARIA	0,0159	185	2,64
TUBERÍA GENERAL	0,0333	1169,38	32,75
TOTAL			44,84

2.4. DISEÑO POZO

En el proceso de formación del pozo, en primer lugar, hay que proceder a la perforación del terreno. Conforme se va avanzando, se encuentran diferentes tipos de tierra, recogidos en el siguiente esquema:

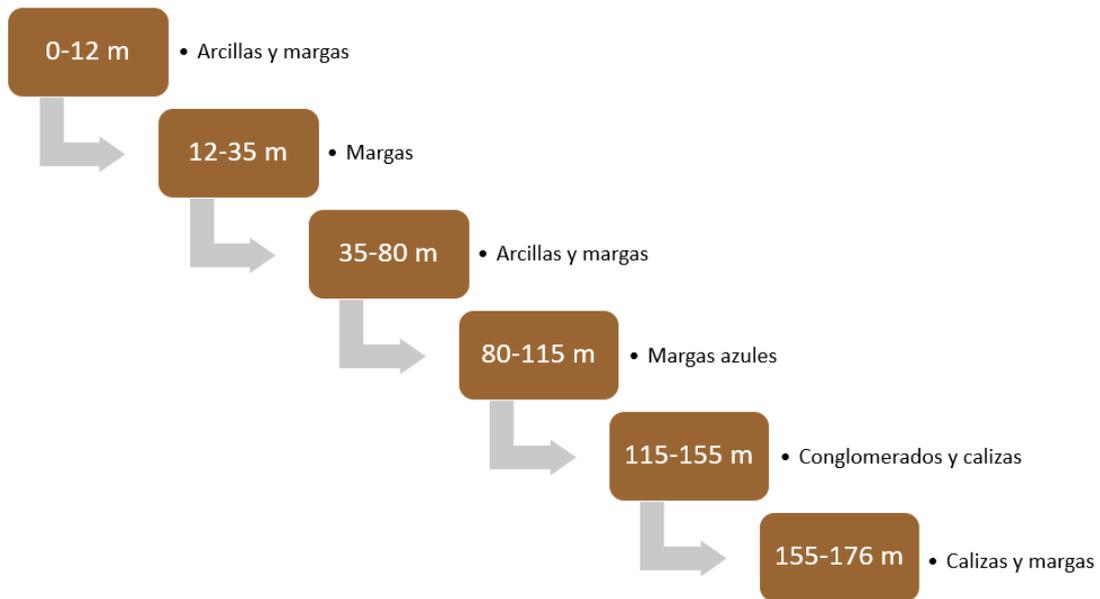


Figura 17. Tipos tierra excavación

Como se puede observar, a partir de los 100 metros aproximadamente se encuentra tierra caliza. Esta es un buen indicador para la obtención de agua, por lo que ese tramo se entuba con metal perforado para que el agua que se encuentra entre las calizas se filtre dentro del tubo obteniéndose un nivel de agua, este nivel de agua es el estático, el cual no indica el nivel real. Para obtener este, se saca un caudal y la cota va disminuyendo hasta alcanzar el nivel dinámico,

donde se estabiliza el nivel. Por lo tanto, el nivel estático tiene una función de depósito, donde se acumula agua hasta llegar al nivel dinámico.

En el sistema de bombeo, también se implementa un elemento de seguridad denominado ventosa. Con este objeto, se elimina el aire presente en la tubería y así se evitan sobrepresiones.

A continuación, se muestra un ejemplo de pozo basándose en los parámetros de otros pozos implantados en la misma zona en la que se va a realizar el proyecto.

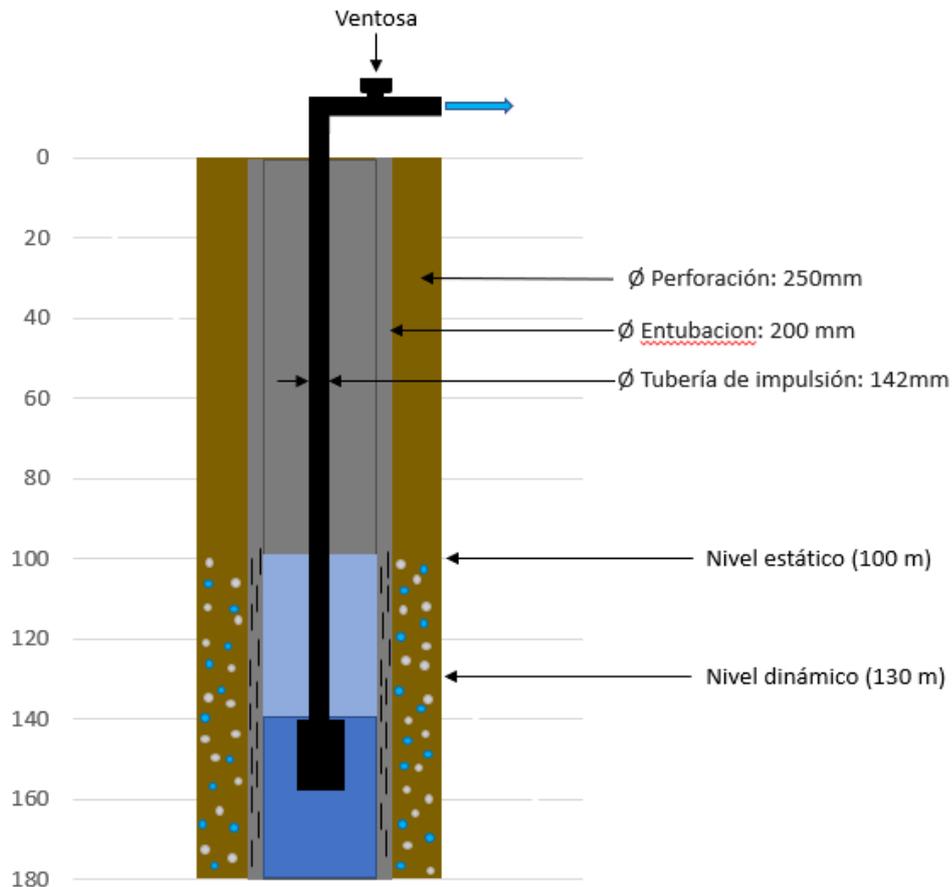


Figura 18. Esquema perforación pozo

2.5. DIMENSIONADO BOMBA

Ya calculadas las diferentes pérdidas de fricción que se dan en cada tramo de tubería y conocidas las altitudes de las diversas parcelas, es posible conocer la altura que debe tener la bomba para suministrar agua a todos los puntos de riego.

Para el cálculo de estos, es necesario el empleo de la ecuación de Bernoulli:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + h_B = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \sum h_f + \sum h_m$$

Donde:

z = cota (mca)

P/γ = presión parcial (mca)

g = constante gravitatoria (9,81 m/s²)

v = velocidad (m/s)

h_B = altura bomba (mca)

h_f = pérdidas fricción (mca)

h_m = pérdidas menores (mca)

De esos valores, las cotas son las diferentes altitudes de cada parcela, las presiones parciales se muestran en una tabla posteriormente, el término $\frac{v^2}{2g}$ se desprecia, la altura de la bomba es lo que se necesita para la elección de esta, las pérdidas de fricción ya se han calculado en apartados anteriores y las pérdidas menores se estiman del 20 % de las pérdidas de fricción. Las siguientes tablas recogen las diversas alturas de bombeo requerida el riego de cada una de las parcelas de forma independiente:

Tabla 10. Alturas de la bomba

PARCELA	z (mca)	h_f (mca)	h_m (mca)	h_B (mca)
PARCELA 1	708	11,99	2,40	25,39
PARCELA 2	696	20,43	4,09	23,52
PARCELA 3	692	30,05	6,01	31,06
PARCELA 4	690	23,10	4,62	20,72
PARCELA 5	688	36,48	7,30	34,78
PARCELA 6	681	28,37	5,67	18,04
PARCELA 7	680	37,48	7,50	27,98
PARCELA 8.1	674	42,85	8,57	28,42
PARCELA 8.2	675	44,86	8,97	31,83

Tabla 11. Presiones parciales necesarias

DATOS ADICIONALES	z (mca)	P/γ (mca)
Balsa	707	0
Parcelas		10

Se concluye que la bomba tiene una altura máxima de 34,78 mca para que se rieguen correctamente todas las zonas, desde la cota superior del pozo, es decir, que la altura total de la bomba es: $140 + 34,78 = 174,78$ mca.

CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DISTINTAS FUENTES DE ENERGÍA

3.1. INTRODUCCIÓN ESTUDIO

Uno de los objetivos de este proyecto, es la comparación y análisis de diversas fuentes de energía. En este capítulo, se va a analizar la viabilidad, comparando tanto el coste como el impacto medioambiental (emisiones de CO₂). Las fuentes energéticas elegidas para este estudio son: energía procedente de placas solares fotovoltaicas, procedente de la red eléctrica y procedente de un motor de combustión. Para cada caso, se presenta un presupuesto en modo de resumen en el que se pueden observar los costes totales de cada instalación.

3.2. PANELES FOTOVOLTAICOS

La instalación alimentada por placas fotovoltaicas está formada por los respectivos paneles, una balsa donde acumular agua para después regar en horas nocturnas y dos bombas, una de ellas para extraer el agua del pozo y la otra para impulsar el agua de la balsa a los goteros. La necesidad de una balsa de acumulación se debe a que el riego es recomendable que se realice en el periodo nocturno, para así evitar la evaporación del agua ya que el consumo de esta está limitado por la Confederación Hidrográfica del Júcar y para evitar los choques térmicos que se pueden producir en las raíces de la vid al regarse con una gran diferencia de temperaturas entre el terreno y el agua.

3.2.1. CÁLCULO PANELES FOTOVOLTAICOS

Se procede al cálculo de la potencia necesaria de paneles fotovoltaicos para alimentar la bomba, para ello se calcula la potencia que se necesita para escoger la bomba con la siguiente expresión:

$$P = \frac{Q \cdot H_m}{75 \cdot r} = \frac{11,2 \cdot (140)}{75 \cdot 0,8} = 26,13 \text{ CV}$$

Donde:

Q = Caudal (L/s)

H_b = Altura bomba (mca)

r = coeficiente rendimiento de la bomba

Para los cálculos se escoge un rendimiento de la bomba del 80%, ya que es el rendimiento medio para motores de bombeo.

Se escoge una bomba que tenga mayor potencia que 26,13 CV, un caudal de 40,25 m³/h y la altura de la bomba de 140 m. En el catálogo, se escogen los puntos superiores y más cercanos a estos que son 35 CV, 148 m y 43,2 m³/h, lo que permite escoger la bomba modelo SXT 45/16 de 25 kW.

Tipo Type	Motor - Moteur		l/min. m ³ /h	Caudal - Capacity - Debit												D mm	A mm	L mm	G" G"	Peso Weight Poids (kg)
	kW	HP		0	315	360	450	540	630	720	810	900	990	1035	1080					
				0	18,9	21,6	27	32,4	37,8	43,2	48,6	54	59,4	62,1	64,8					
SXT 45/3	5,5	7,5	m.c.a.	46	40	38	35	32	30	28	25	22	17	13	9	90	590	1268	4"	59
SXT 45/5	7,5	10		77	66	64	59	54	50	46	42	37	28	22	15	144	832	1590	4"	69
SXT 45/6	9,3	12,5		92	80	76	70	65	60	56	50	44	33	27	18	144	945	1745	4"	76
SXT 45/7	11	15		107	93	89	82	76	70	65	59	51	39	31	21	144	1058	1909	4"	82
SXT 45/8	13	17,5		122	106	102	94	87	80	74	67	58	44	35	24	144	1171	2082	4"	89
SXT 45/9	15	20		138	119	115	106	97	90	83	76	66	50	40	27	144	1284	2257	4"	97
SXT 45/10	15	20		153	133	127	117	108	100	93	84	73	56	44	30	144	1397	2370	4"	100
SXT 45/11	19	25		168	146	140	129	119	110	102	93	80	61	49	32	144	1510	2516	4"	110
SXT 45/12	19	25		184	159	153	141	130	120	111	101	88	67	53	35	144	1623	2629	4"	112
SXT 45/14	22	30		214	186	178	164	151	140	130	118	102	78	62	41	144	1845	2955	4"	123
SXT 45/15	22	30		230	199	191	176	162	150	139	126	110	83	67	44	144	1962	3068	4"	125
SXT 45/16	25	35		245	212	204	188	173	160	148	135	117	89	71	47	144	2075	3292	4"	131
SXT 45/17	27	35		260	226	217	200	184	170	157	143	124	94	75	50	144	2188	3405	4"	133
SXT 45/18	30	40		275	239	229	211	195	180	167	151	131	100	80	53	144	2301	3548	4"	150
SXT 45/20	35	40		306	265	255	235	216	200	185	168	146	111	89	59	144	2527	3774	4"	154
SXT 45/22	37	50		337	292	280	258	238	220	204	185	161	122	98	65	144	2753	4100	4"	166
SXT 45/24	37	50		367	318	306	282	260	240	222	202	175	133	106	71	144	2979	4326	4"	173
SXT 45/26	45	60		398	345	331	305	281	261	241	219	190	144	115	77	144	3205	4480	4"	210

Figura 19. Características bomba catálogo (Catálogo Bombas Ideal)

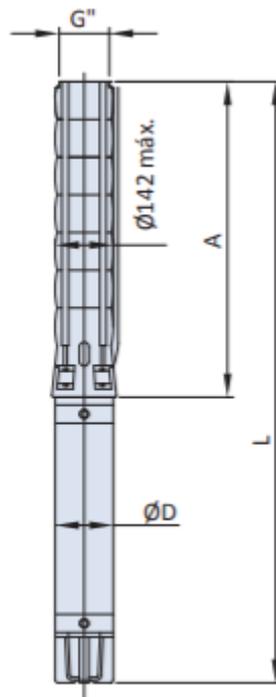


Figura 20. Bomba modelo SXT 45/16 (Catálogo Bombas Ideal)

Para satisfacer la demanda energética de 25 kW, se tiene en cuenta que las placas pueden tener un rendimiento menor que el óptimo, para ello se suele dejar entre 1,5 y 2 veces el valor, en este caso se ha escogido 1,6 veces, es decir se deja un 60 % de margen, teniendo una instalación total de 40 kW.

Se escoge un panel de 455 W a 24 V JA Solar Monocristalino PERC, este llega a producir una corriente máxima de 10,88 A a 41,82 V.

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC								
TYPE	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR	JAM72S20 -470/MR		
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	445	450	455	460	465	470		
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.56	49.70	49.85	50.01	50.15	50.31		
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	41.21	41.52	41.82	42.13	42.43	42.69		
Short Circuit Current(Isc) [A]	11.32	11.36	11.41	11.45	11.49	11.53		
Maximum Power Current(Imp) [A]	10.80	10.84	10.88	10.92	10.96	11.01		
Module Efficiency [%]	20.0	20.3	20.5	20.7	20.9	21.2		
Power Tolerance	0~+5W							
Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc})	+0.044%/°C							
Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc})	-0.272%/°C							
Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp})	-0.350%/°C							
STC	Irradiance 1000W/m², cell temperature 25°C, AM1.5G							
Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer, They only serve for comparison among different module types.								
ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT						OPERATING CONDITIONS		
TYPE	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR	JAM72S20 -470/MR	Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Rated Max Power(Pmax) [W]	336	340	344	348	352	355	Operating Temperature	-40 C ~ +85 C
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	46.65	46.90	47.15	47.38	47.61	47.84	Maximum Series Fuse Rating	20A
Max Power Voltage(Vmp) [V]	38.95	39.19	39.44	39.68	39.90	40.10	Maximum Static Load,Front*	5400Pa(112 lb/ft²)
Short Circuit Current(Isc) [A]	9.20	9.25	9.29	9.33	9.38	9.42	Maximum Static Load,Back*	2400Pa(50 lb/ft²)
Max Power Current(Imp) [A]	8.84	8.88	8.72	8.76	8.81	8.86	NOCT	45±2 C
NOCT	Irradiance 800W/m², ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G						Safety Class	Class II
*For NexTracker installations, Maximum Static Load, Front is 1800Pa while Maximum Static Load, Back is 1800Pa.							Fire Performance	UL Type 1

Figura 21. Catálogo paneles fotovoltaicos (Catálogo Autosolar)

A su vez, se precisa de un par de inversores de conexión a red Fronius symo de 20 kW trifásicos, un vatímetro Lancel ITR 5 A para controlar dinámicamente la potencia que requiere la instalación y poder elegir si se inyecta o no a la red. También es necesario un Huawei smartlogger para ajustar la producción de energía en función del consumo instantáneo, estructuras para la sujeción, 250 m de cable rojo de 6 mm² y 250 m de cable negro de 6mm² y elementos de protección como fusibles, diferenciales y magnetotérmicos.

El siguiente paso es el cálculo de módulos fotovoltaicos por string, es decir, el número de paneles fotovoltaicos que se pueden colocar en serie y por lo tanto la tensión total de entrada al inversor. Sin embargo, la tensión que producen los módulos no es siempre la misma, varía según factores como son la radiación solar o temperatura, entonces se procede al cálculo de la máxima y mínima temperatura de trabajo.

Se parte de la siguiente expresión:

$$T_t = T_{amb} + (T_{fn} - 20) \cdot \frac{E}{800}$$

Donde:

Tt = Temperatura de trabajo (°C)

T_{amb} = Temperatura ambiente ($^{\circ}C$)

T_{fn} = Temperatura funcionamiento normal módulos fotovoltaicos ($^{\circ}C$)

E = Irradiación (W/m^2)

Sabiendo que la temperatura ambiente en la comarca varía entre los -10 y los 40 $^{\circ}C$, y el nivel de irradiancia entre los 150 y 900 W/m^2 se calcula las temperaturas de trabajo.

$$T_{tmin} = -10 + (45 - 20) \cdot \frac{150}{800} = -5,3 \text{ }^{\circ}C$$

$$T_{tmax} = 40 + (45 - 20) \cdot \frac{900}{800} = 68,1 \text{ }^{\circ}C$$

A continuación, se calculan las tensiones máximas y mínimas de las placas fotovoltaicas, para ello se usa la siguiente expresión:

$$V_{oT} = V_o \cdot \left[1 + \left(\frac{TK}{100} \right) \cdot (T_t - 25) \right]$$

Donde:

V_{oT} = tensión de circuito abierto de la placa para una determinada temperatura

V_o = tensión de circuito abierto condiciones estándar ($25^{\circ}C$)

TK = Corrección térmica

T_t = Temperatura trabajo

Mirando el catálogo de los paneles se obtiene una tensión de circuito abierto para condición estándar de $49,85$ v y un factor de corrección térmico de $-0,272$ $^{\circ}C$.

$$V_{oTmax} = 49,85 \cdot \left[1 + \left(\frac{-0,272}{100} \right) \cdot (-5,3 - 25) \right] = 53,96$$

$$V_{oTmin} = 49,85 \cdot \left[1 + \left(\frac{-0,272}{100} \right) \cdot (68,1 - 25) \right] = 44,05$$

Sabiendo que el inversor trabaja en el rango de tensiones entre los 420 y 800 V para CC, se puede obtener el mayor y menor número de paneles en serie.

$$\text{Número max. paneles} = \frac{V \text{ max CC}}{V_{oTmax}} = \frac{800}{53,96} = 14,82$$

$$\text{Número min. paneles} = \frac{V \text{ min CC}}{V_{oTmin}} = \frac{420}{44,05} = 9,53$$

Se ha escogido un valor entre ambos valores como son 11 módulos/string, y ahora se calcula la potencia de cada string.

$$P \text{ string} = 11 \cdot 455 = 5005 \text{ W}$$

Como en el sistema del proyecto energético hace falta una potencia de 40 kW, se calculan el número de string necesarios.

$$\text{Número strings} = \frac{40000}{5005} \approx 8 \text{ strings}$$

Por lo tanto, el total de placas de 455W necesarias para la instalación serie de 8 strings de 11 módulos cada uno y eso son un total de 88 paneles fotovoltaicos. Estos se separarán en grupos de 4 strings para cada inversor, como se muestra en el siguiente esquema unifilar.

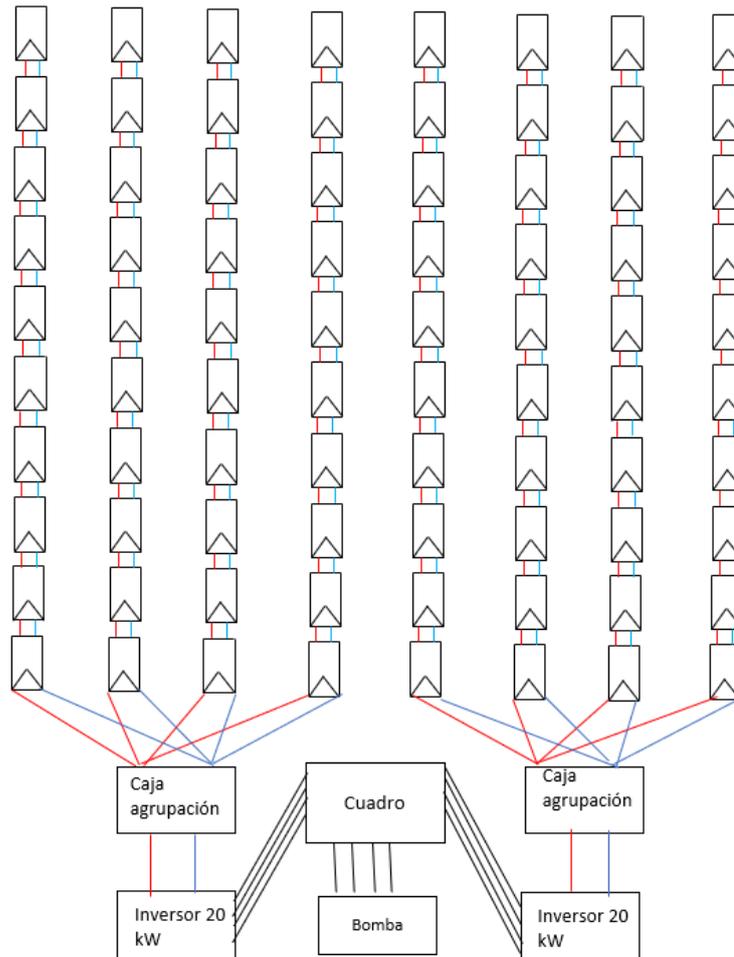


Figura 22. Esquema unifilar instalación fotovoltaica

Por otro lado, también hay que seleccionar la bomba que impulsa agua desde la balsa hasta el riego. Para ello, ya estudiadas y analizadas las pérdidas de fricción y cotas en apartados anteriores, se obtiene una altura de la bomba entre 18 y 34,8 mca con un caudal máximo de 40,25 m³/h, con estos datos se escoge la bomba modelo RNL 65-160 a 2900 rpm.

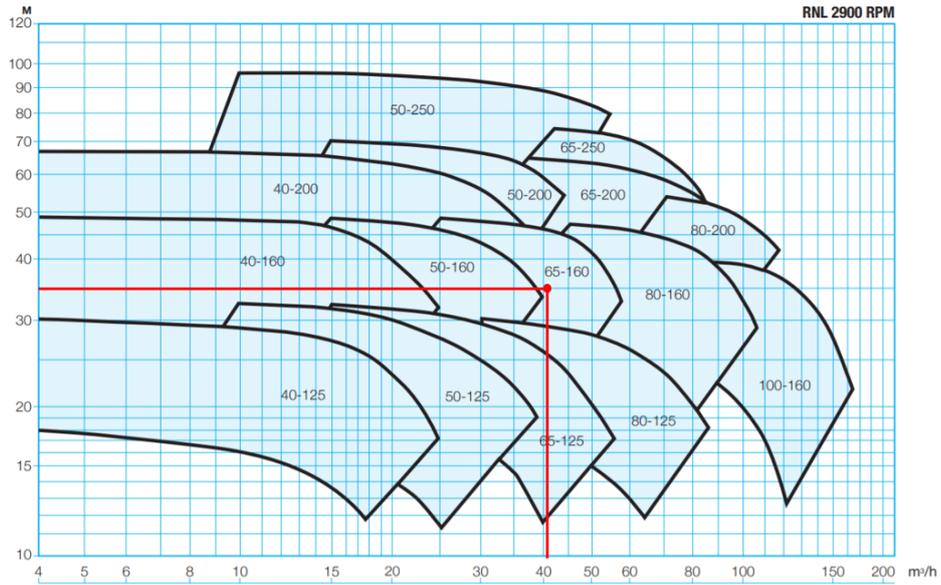


Figura 23. Curvas características bombas (Catálogo Bombas Ideal)

Ya conocidos el caudal y la altura de la bomba, se obtiene una potencia de 3,9 kW. Se escoge el diámetro, que en este caso es de 173 mm, y con un rendimiento nominal del 63,4 %, se obtiene un funcionamiento de la bomba eficiente.

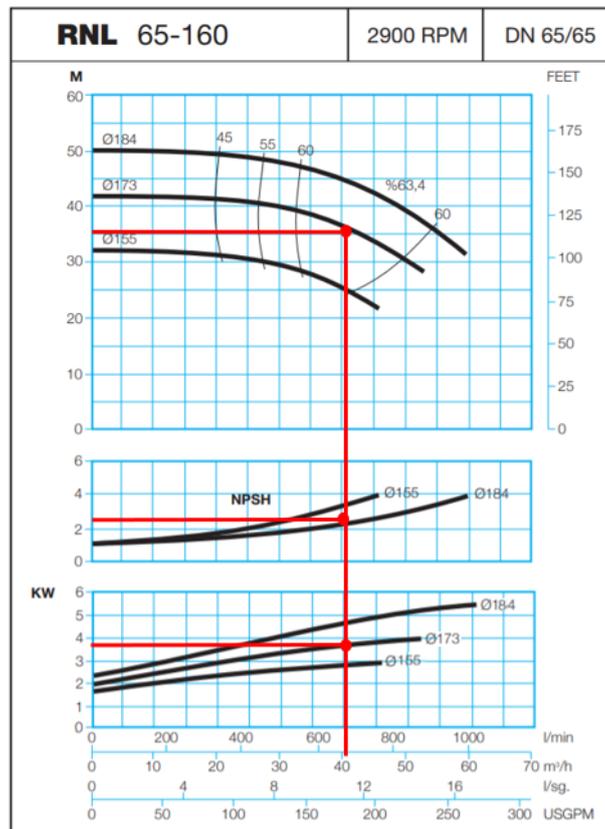


Figura 24. Curvas características bomba RNL 65-160 a 2900 rpm (Catálogo Bombas Ideal)

Para alimentar esta bomba secundaria se recurre a la venta de los excedentes de los paneles fotovoltaicos, ya que al pasar la línea de la red eléctrica a pocos metros de la instalación es un buen método para amortizar en mayor medida el proyecto, ya que durante las horas que no se alcancen los 25 kW para el funcionamiento de la bomba, cuando se sobrepase la producción de 25kW, cuando la balsa esté llena y no se pueda bombear, o en los meses que no se riegue, las placas fotovoltaicas siguen produciendo y se puede vender este excedente a la red, en este caso Iberdrola, a cambio de energía para alimentar la bomba secundaria por ejemplo en horas nocturnas y rebajar lo máximo posible la factura de la luz.

3.2.2. DISEÑO PANELES FOTOVOLTAICOS

Se procede al diseño y distribución de la instalación, para ello se deben colocar los siguientes elementos:

- Balsa de dimensiones de 15x15x3 m, para abastecer el riego más de 2 días y por lo tanto regar una superficie de 10ha, con una capacidad de 675.000 litros.
- 88 paneles fotovoltaicos de 455W a 24 V de 2x1 m, conectados en paralelo.
- Caseta de dimensiones 5x8 m, donde se sitúan los elementos eléctricos, como el inversor, programador automático del riego, y otros elementos de mantenimiento del pozo como filtro, separador hidrociclónico para separar impurezas de tierra, caudalímetro, manómetros para asegurar la adecuada presión del sistema y un sistema de abonado por goteo formado por dos bidones, un agitador para homogeneizar la mezcla y una bomba dosificadora que funcionará de la misma forma que la bomba secundaria, conectándose a la red eléctrica.
- Transformador de baja tensión, proveniente de la línea de media tensión.



Figura 25. Diseño instalación placas fotovoltaicas

En la imagen se pueden observar la distribución en el terreno de los diversos componentes de la instalación. Se muestra en forma de cuadrado azul la balsa, en color marrón la caseta donde irá el pozo y los equipos necesarios y por último las 88 placas separadas en 8 strings de 11 módulos cada uno, orientadas hacia el sur. Para obtener la distancia necesaria entre las placas fotovoltaicas, se tienen en cuenta los siguientes cálculos:

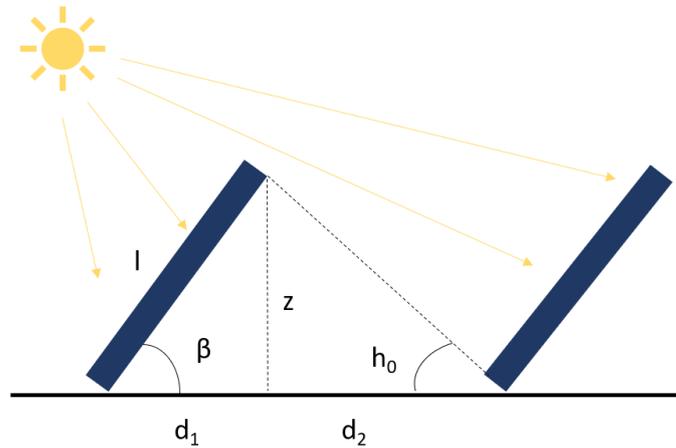


Figura 26. Distancia entre placas

$$d = d_1 + d_2 = \frac{z}{\tan(h_0)} + \frac{z}{\tan(\beta)} = l \frac{\text{sen}(\beta)}{\tan(h_0)} + l \frac{\text{sen}(\beta)}{\tan(\beta)}$$

Los cálculos se realizan para las condiciones más desfavorables que pueden ocurrir, que son en el día 21 de diciembre a las 12h y con una inclinación de los paneles de 30°. La longitud de los paneles se sabe que es de un metro y solo falta calcular la altura solar (h_0). Para ello, se hace uso de la siguiente fórmula:

$$h_0 = 90 - \text{latitud} - 23,5^\circ$$

El sistema va a ser instalado en Requena, que tiene una latitud de 39,4883400, entonces la altura solar es:

$$h_0 = 90 - 39,4883400 - 23,5 = 27,01166$$

Y la distancia final es:

$$d = 1 \cdot \frac{\text{sen}(30)}{\tan(27,01166)} + 1 \cdot \frac{\text{sen}(30)}{\tan(30)} = 1,85 \text{ m}$$

La distancia entre los paneles será aproximadamente de 2m.

3.2.3. PRESUPUESTO PANELES FOTOVOLTAICOS

Para el proyecto de los paneles fotovoltaicos, se divide el presupuesto en las partes en las que se puede dividir el trabajo, que son: sistema de riego, construcción pozo y caseta, construcción balsa y el sistema energético.

Tabla 12. Presupuesto paneles fotovoltaicos

ELEMENTOS	PRECIO (€)
SISTEMA RIEGO	31.276,91
CONSTRUCCIÓN POZO Y CASETA	14.810,00
CONSTRUCCIÓN BALSA	13.425,50
SISTEMA ENERGÉTICO	35.289,68
15 % GASTOS	14.220,31
6 % BENEFICIO INDUSTRIA	5.688,12
TOTAL	114.710,52
21 % IVA	24.089,21
TOTAL	138.799,73

El total asciende a la suma de ciento treinta y ocho mil setecientos noventa y nueve con setenta y tres céntimos.

Es un valor bastante elevado, a continuación, hay que evaluar el tiempo de amortización. Se tiene en cuenta que, al instalar el sistema de riego, se puede optar a una clase de uva con exigencias hídricas mayores y más cotizada, esta clase de uva es la uva destinada al cava, cuyo precio es mayor. Como el precio va variando entre los 30 cts/kg y los 75 cts/kg según el año y la clase de uva, se estima para los cálculos un precio medio de 50 cts/kg.

Calculando un aumento en la producción con el riego aproximadamente del 33%, siempre teniendo en cuenta la calidad del producto, se pasa de una producción estimada de la vid de 3 kg/cepa en secano a 4 kg/cepa con regadío. Teniendo una extensión de 24,2 ha y un total de 60.500 cepas, se obtiene un total de 60500 kg de beneficio, pasándolo a euros sería un total de 30.250€.

Sabiendo que no se tienen gastos energéticos debido a que la extracción y acumulación de agua se realiza con la función de las placas fotovoltaicas junto a la balsa, y los demás elementos presentan una potencia total de 7 kW, que son la bomba secundaria, agitador y bomba dosificadora y se alimentan de red eléctrica. Pero teniendo en cuenta los excedentes durante el año de los paneles conectados a la red, se tiene una factura de la luz nula o prácticamente despreciable.

Los demás costes de producción como, abonado, mano de obra y maquinaria, serían constantes, no aumentarían el coste, por lo tanto el beneficio de 30.250€ sería neto.

Por lo tanto, con el conjunto de datos, se obtiene una amortización del proyecto de 4,6 años.

3.2.4. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL PANELES FOTOVOLTAÍCOS

Tabla 13. Impacto medioambiental paneles fotovoltaicos

Energía	Potencia consumida anual kWh/año	kg CO ₂ / kWh	Emisiones (kg CO ₂ /año)
Red eléctrica	5376	0,25	1.344
Paneles fotovoltaicos	25344	0,032	811,01
TOTAL			2.155,01

Para este estudio solo se tiene en cuenta la energía eléctrica que se consume, no la que se produce con los excedentes, ya que esa energía se vende a la compañía eléctrica. Los valores de potencia consumida se obtienen para las placas fotovoltaicas, sabiendo que cada día producen 211,2 kWh y se bombean 120 días dando un total de 25334 kWh/año, y para el caso de red eléctrica se sabe que el sistema de riego desde la balsa y el abonado que no siempre funciona gastan un total de 7 kW, trabajando 8 horas al día y un total de 96 días.

Como se aprecia en la tabla anterior, las toneladas anuales de CO₂ rondaría las 2,2 toneladas.

3.3. RED ELÉCTRICA

En este caso la instalación está formada únicamente por una bomba de mayor altura, exactamente de 174,78 mca, conectada a la red eléctrica y que realiza el riego en periodo nocturno, para así sacar el máximo partido del agua que se dispone y a la vez consumir en periodo valle donde la electricidad es más económica.

3.3.1. CÁLCULO RED ELÉCTRICA

Se calcula la potencia necesaria de la bomba para bombear el agua, la altura de esta en este caso es la suma de 140 mca por la distancia desde la bomba a la superficie y aproximadamente 35 mca para satisfacer las presiones deseadas hasta los cabezales de riego, y el caudal de 40,25 m³/h que pasados a L/s son 11,2. A continuación, se realiza el cálculo en la siguiente expresión:

$$P = \frac{Q \cdot H_m}{75 \cdot r} = \frac{11,2 \cdot (140 + 35)}{75 \cdot 0,8} = 32,67CV$$

Donde:

Q = Caudal (L/s)

Hm = Altura bomba (m)

r = coeficiente rendimiento de la bomba

Se procede entonces a la selección de la bomba. Se debe escoger los puntos más próximos y superiores a los valores de 174,78 mca , 32,67 CV y 40,25 m³/h como se observa en la imagen siguiente.

Tipo Type	Motor - Moteur		l/min. m ³ /h	Caudal - Capacity - Debit												D mm	A mm	L mm	G" G"	Peso Weight Poids (kg)
	kW	HP		0	315	360	450	540	630	720	810	900	990	1035	1080					
SXT 45/3	5,5	7,5	m.c.a.	46	40	38	35	32	30	28	25	22	17	13	9	90	590	1268	4"	59
SXT 45/5	7,5	10		77	66	64	59	54	50	46	42	37	28	22	15	144	832	1590	4"	69
SXT 45/6	9,3	12,5		92	80	76	70	65	60	56	50	44	33	27	18	144	945	1745	4"	76
SXT 45/7	11	15		107	93	89	82	76	70	65	59	51	39	31	21	144	1058	1909	4"	82
SXT 45/8	13	17,5		122	106	102	94	87	80	74	67	58	44	35	24	144	1171	2082	4"	89
SXT 45/9	15	20		138	119	115	106	97	90	83	76	66	50	40	27	144	1284	2257	4"	97
SXT 45/10	15	20		153	133	127	117	108	100	93	84	73	56	44	30	144	1397	2370	4"	100
SXT 45/11	19	25		168	146	140	129	119	110	102	93	80	61	49	32	144	1510	2516	4"	110
SXT 45/12	19	25		184	159	153	141	130	120	111	101	88	67	53	35	144	1623	2629	4"	112
SXT 45/14	22	30		214	186	178	164	151	140	130	118	102	78	62	41	144	1845	2955	4"	123
SXT 45/15	22	30		230	199	191	176	162	150	139	126	110	83	67	44	144	1962	3068	4"	125
SXT 45/16	25	35		245	212	204	188	173	160	148	135	117	89	71	47	144	2075	3292	4"	131
SXT 45/17	27	35		260	226	217	200	184	170	157	143	124	94	75	50	144	2188	3405	4"	133
SXT 45/18	30	40		275	239	229	211	195	180	167	151	131	100	80	53	144	2301	3548	4"	150
SXT 45/20	35	40		306	265	255	235	216	200	185	168	146	111	89	59	144	2527	3774	4"	154
SXT 45/22	37	50		337	292	280	258	238	220	204	185	161	122	98	65	144	2753	4100	4"	166
SXT 45/24	37	50		367	318	306	282	260	240	222	202	175	133	106	71	144	2979	4326	4"	173
SXT 45/26	45	60		398	345	331	305	281	261	241	219	190	144	115	77	144	3205	4480	4"	210

Figura 27. Características bombas (Catálogo Bombas Ideal)

Se selecciona la bomba modelo SXT 45/20 de Ø144 mm, que consume un total de 35 kW que sumándose a la instalación otros elementos secundarios eléctricos como el agitador y la bomba dosificadora para el abonado, se necesita una potencia de 40 kW. Para ello se contrata la tarifa 3.0 A, que es para tarifas con potencias contratadas superiores a 15 kW, con un coste de 0,11017 €/kWh para el periodo de valle.

3.3.2. DISEÑO RED ELÉCTRICA

El siguiente paso es el diseño en el mapa de los diferentes elementos a emplear. En este caso, se tiene la caseta de dimensiones 8x5 m para el resguardo de componentes y un transformador de baja tensión para dar suministro eléctrico al sistema de riego.



Figura 28. Diseño instalación red eléctrica

3.3.3. PRESUPUESTO RED ELÉCTRICA

Seguidamente se muestra el presupuesto para llevar a cabo la instalación del sistema:

Tabla 14. Presupuesto instalación red eléctrica

ELEMENTOS	PRECIO (€)
SISTEMA RIEGO	33.195,25
CONSTRUCCIÓN POZO Y CASETA	14.810,00
SISTEMA ENERGÉTICO	10.900,00
15 % GASTOS	8.835,78
6 % BENEFICIO INDUSTRIA	3.534,32
TOTAL	71.275,35
21 % IVA	14.967,83
TOTAL	86.243,18

El total asciende a la suma de ochenta y seis mil doscientos cuarenta y tres euros con dieciocho céntimos. Es un valor elevado, pero comparándolo con la propuesta de los paneles fotovoltaicos resulta una opción mucho más económica.

Para evaluar el tiempo de amortización se tienen en cuenta dos factores: el ya mencionado aumento de la producción de la vid, sumando un beneficio anual de 30.250 €, y el

gasto extra que se tiene de consumo de electricidad para alimentar el sistema con una potencia total de 40 kW, lo que da un consumo eléctrico anual de 5.558,38 €. Por lo tanto, agrupando el total de datos se obtiene un tiempo de amortización de 3,5 años.

3.3.4. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL RED ELÉCTRICA

A continuación, se muestran las emisiones de kg CO₂ que se producen con el empleo de esta fuente de energía.

Tabla 15. Impacto medioambiental instalación red eléctrica

Energía	Potencia consumida anual kWh	kg CO ₂ / kWh	Emisiones (kg CO ₂)
Red eléctrica	30.720	0,25	7.680

Para el cálculo de la potencia se sabe que trabaja a 40kW durante 8 horas al día y durante 96 días.

Como se puede observar las emisiones de CO₂ aumentan a las 7,7 toneladas anuales.

3.4. MOTOR DE COMBUSTIÓN

Para este caso también se necesita una bomba de 174,8mca, conectada a un generador de gasoil que le suministre la energía, programado para su arranque en horas nocturnas para así aprovechar mejor el agua de la que se dispone.

3.4.1. CÁLCULO MOTOR DE COMBUSTIÓN

El cálculo de la bomba es el mismo que en el apartado de red eléctrica escogiéndose la misma bomba, modelo SXT 45-20 de Ø144 mm de 35 kW, que, junto con los elementos de abonado con goteo, se necesita una potencia del generador de 40 kW. Para ello, se escoge el generador modelo AXIONSS-50 de 40 kW y 440/220 vr, con un depósito de 3600 L de capacidad. Se sabe que el consumo de este al 50% de funcionamiento es de 7,5 L/h, pero se estima un consumo de 10 L/h ya que se requiere de la máxima potencia. Sabiendo que funciona 768 horas al año, da un total de 7680 L/año.

Por lo tanto, uno de los inconvenientes de este método es que se tiene que rellenar de 2 a 3 veces el depósito del generador durante los meses de riego, lo que hace que tenga mayor dependencia del usuario.

3.4.2. DISEÑO MOTOR DE COMBUSTIÓN

El diseño de esta fuente de energía es muy simple, solo se necesita de una caseta para resguardar el generador y los elementos del sistema de riego. Las dimensiones del generador son de 2,2x1x1,2 m y las de la caseta donde se sitúa son de 8x5 m.



Figura 29. Generador modelo AXIONSS-50



Figura 30. Diseño instalación motor de combustión

3.4.3. PRESUPUESTO MOTOR DE COMBUSTIÓN

En este apartado se muestra el presupuesto estimado para la implantación de un motor de combustión para emplearlo como fuente de energía.

Tabla 16. Presupuesto instalación motor de combustión

ELEMENTOS	PRECIO (€)
SISTEMA RIEGO	33.195,25
CONSTRUCCIÓN POZO Y CASETA	14.810,00
SISTEMA ENERGÉTICO	6.975,00
15 % GASTOS	8.247,03
6 % BENEFICIO INDUSTRIA	3.298,815
TOTAL	66.526,10
21 % IVA	13.970,48
TOTAL	80.496,58

El total de este presupuesto asciende a ochenta mil cuatrocientos noventa y seis euros con cincuenta y ocho céntimos.

A la hora de evaluar el tiempo de amortización, se tiene en cuenta el incremento del beneficio anual de la vid al regarse, que son de unos 30.250 € y se le tiene que restar el gasto del consumo de gasoil que es de 7.680 litros/año. Sabiendo que el precio medio del Gasóleo B en la Comunidad Valenciana es de 0,855 €/L, se tiene un coste de este de 6.566,4 €/año. Por lo tanto, con el conjunto de valores se obtiene un tiempo de amortización de 3,4 años, siendo este método el de más rápida amortización de los estudiados.

3.4.4. IMPACTO AMBIENTAL MOTOR DE COMBUSTIÓN

Tabla 17. Impacto medioambiental instalación motor de combustión

Energía	Litros consumidos gasoil al año	kg CO ₂ / L	Emisiones (kg CO ₂)
Generador gasoil	7.680	2,65	20.352

Para el cálculo de litros consumidos de gasoil, se sabe que este consume 10L/h y que trabaja 8h al día durante 96 días, dando un total de 7680 litros.

En este caso se observa que las emisiones CO₂ son mucho mayores, superando las 20 toneladas al año, un valor poco eficiente medioambientalmente y el más elevado de los estudiados.

3.5. COMPARACIÓN DIVERSAS FUENTES DE ENERGÍA

A continuación, se va a analizar cuál de los métodos estudiados anteriormente es el más viable, comparando distintos parámetros como son el tiempo de amortización, rentabilidad y emisiones.

Respecto a los tiempos de amortización, como se observa en la tabla siguiente los tiempos más cortos de amortización son tanto para la red eléctrica como para el generador de gasoil ya que son valores muy similares alrededor de los 3,5 años, pero eso no significa que sean los mejores proyectos para llevarse a cabo, ya que la amortización de los paneles fotovoltaicos no es mucho mayor que las anteriores y sigue siendo por lo tanto un valor apto.

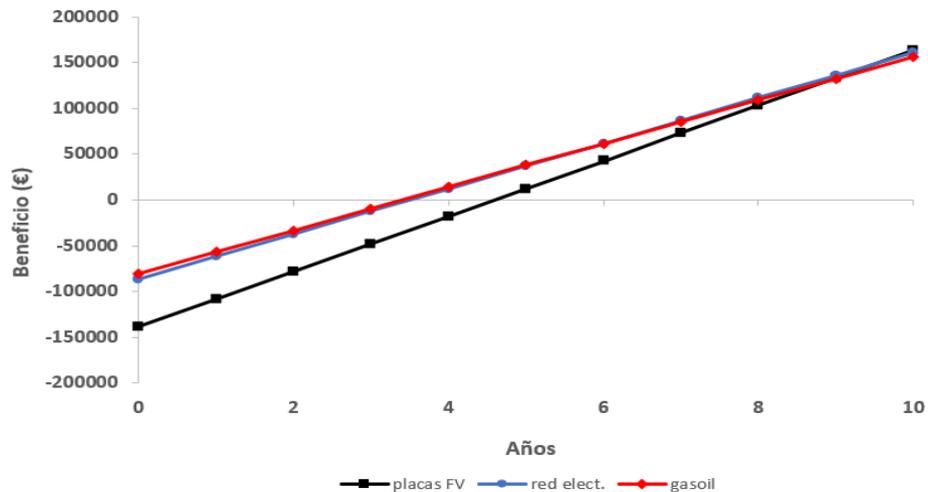


Figura 31. Comparación económica de las diversas fuentes de energía

Fijándose esta vez en la rentabilidad del proyecto, se tienen unas tasas bastante elevadas de rentabilidad, del 21,8 % para el caso de la fotovoltaica y todavía mayores llegando a alcanzar el 29 % para el caso de los otros tipos de energía. Pero esto no significa que la fotovoltaica sea la más desfavorable, ya que, analizándose un periodo de tiempo mayor, se visualizan los mayores beneficios que aporta esta, en total en 10 años, la diferencia entre los diferentes tipos de energía excede de los 3.000 €, y para 20 años los beneficios con las otras fuentes de energía rondarían los 60.000€ comparándola con red eléctrica y de 75.000 € para el caso del generador de gasoil.

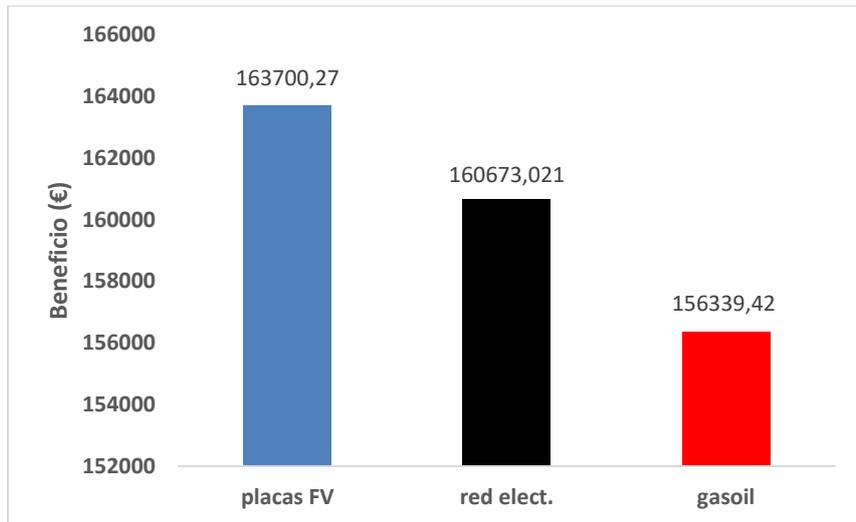


Figura 32. Beneficios de las diferentes fuentes de energía en 10 años

Además, el impacto ambiental que es mucho menor en el caso de la fotovoltaica, exactamente casi 4 veces menos de emisiones que en el caso de la red eléctrica y de casi 10 veces menor que el caso del generador de gasoil.

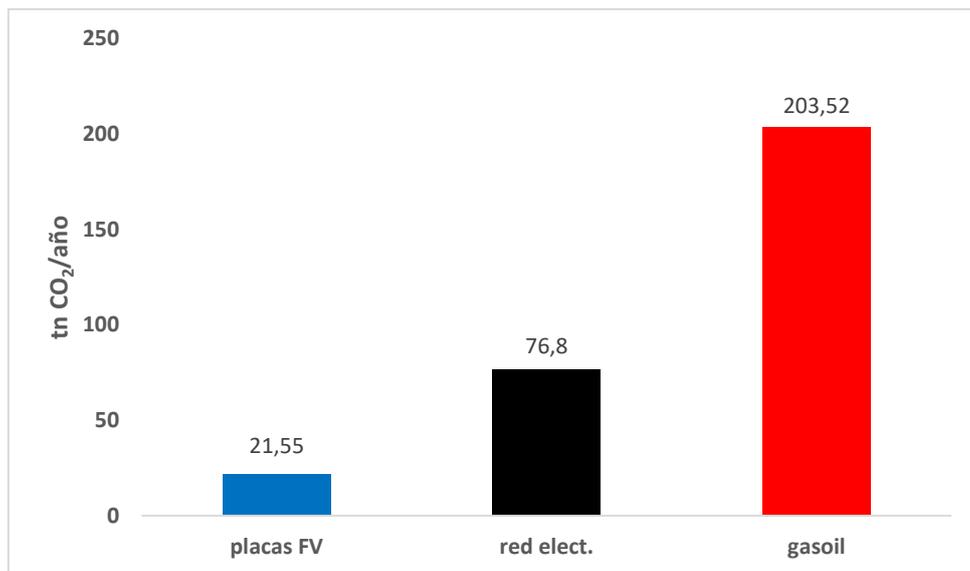


Figura 33. Impacto ambiental de las diferentes fuentes de energía

Por lo tanto, haciéndose una valoración global y con los datos obtenidos, que son un buen tiempo de amortización, una buena rentabilidad y beneficio, y todo esto respetando el medio ambiente, convierte al método energético elegido el de los paneles fotovoltaicos.

3.6. IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA EN EPANET:

Ya diseñado y dimensionado el sistema de riego y elegida la fuente de energía óptima, el último paso es la implantación del sistema en el programa EPANET con todos los valores previamente calculados. Para ello, en primer lugar, es necesario escoger en qué orden se van a regar las diferentes parcelas. Como se ha comentado en apartados anteriores, cada día se va a regar aproximadamente 4 ha, para así solamente regar 6 días a la semana y que se riegue cada hectárea una vez por semana. Para ello, se eligen los siguientes grupos:

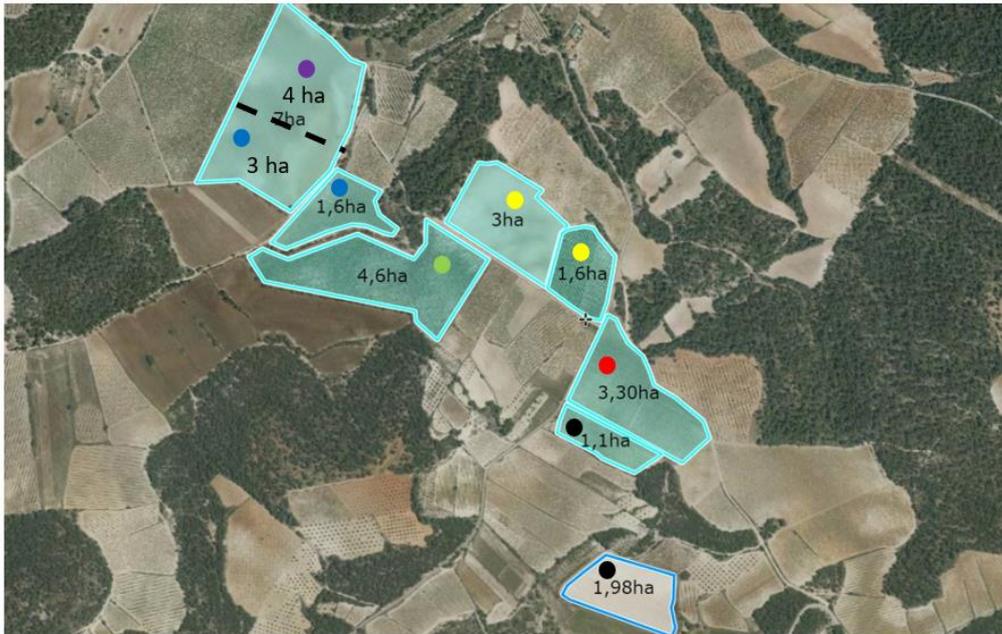


Figura 34. Sectores parcelas riego

Tabla 18. Sectores parcelas riego

SECTORES	ÁREA (ha)
SECTOR 1	$1,98 + 1,1 = 3,08$
SECTOR 2	3,3
SECTOR 3	$1,6 + 3 = 4,6$
SECTOR 4	4,6
SECTOR 5	$1,6 + 3 = 4,6$
SECTOR 6	4

En la tabla se observa como el máximo de hectáreas que se va a regar a la vez es de 4,6 y como el dimensionado está hecho para un máximo de 5 ha, es un valor aceptable.

El segundo paso ya es introducir todos los valores en el programa EPANET poniendo en primer lugar las cotas en los respectivos nudos, y en segundo lugar los factores de fricción calculados y diámetros de las tuberías. Ya asignados los valores procederemos al cálculo de los sectores, la siguiente tabla corresponde al patrón de funcionamiento de la bomba a la semana, que engloba el conjunto de los sectores. Como siempre que se riega, la bomba tiene que estar en funcionamiento, se escoge un intervalo de tiempo de las 12 PM a las 8 AM durante 6 días de la semana.

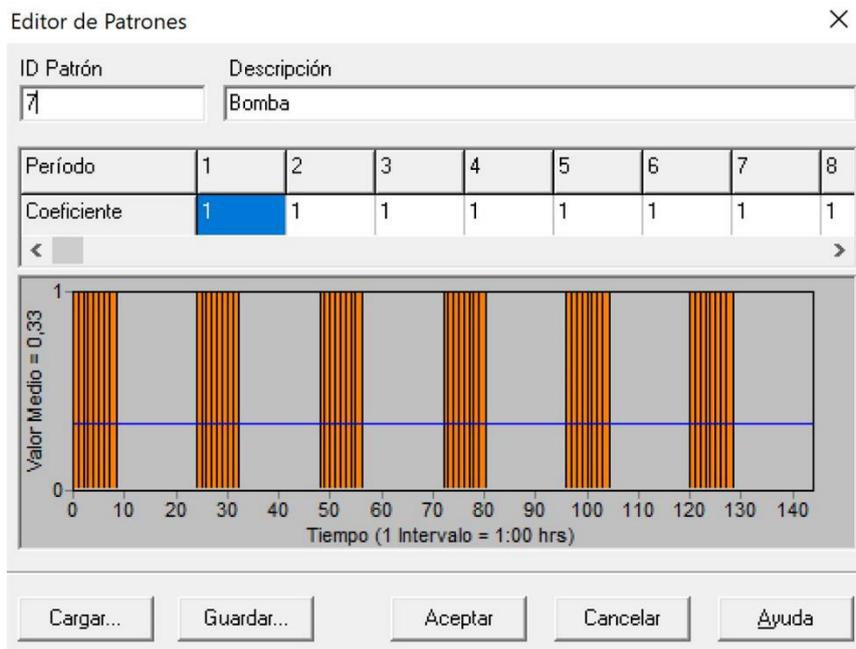


Figura 35. Patrón bomba de riego

También se tiene que añadir la curva característica de la bomba RNL 65/160 a EPANET, para ello se colocan 6 puntos con su respectivos caudales y alturas, para aproximar al máximo posible la curva.

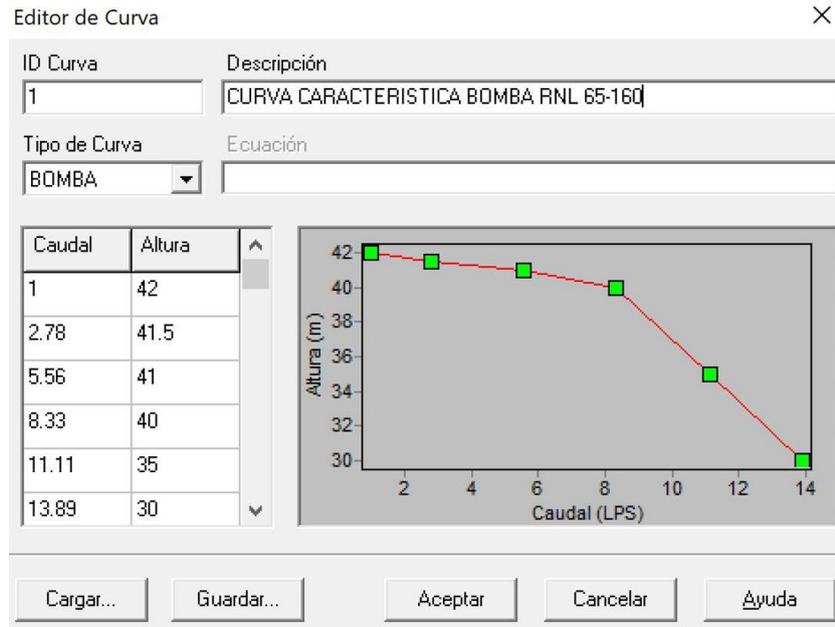


Figura 36. Curva característica bomba RNL 65/160

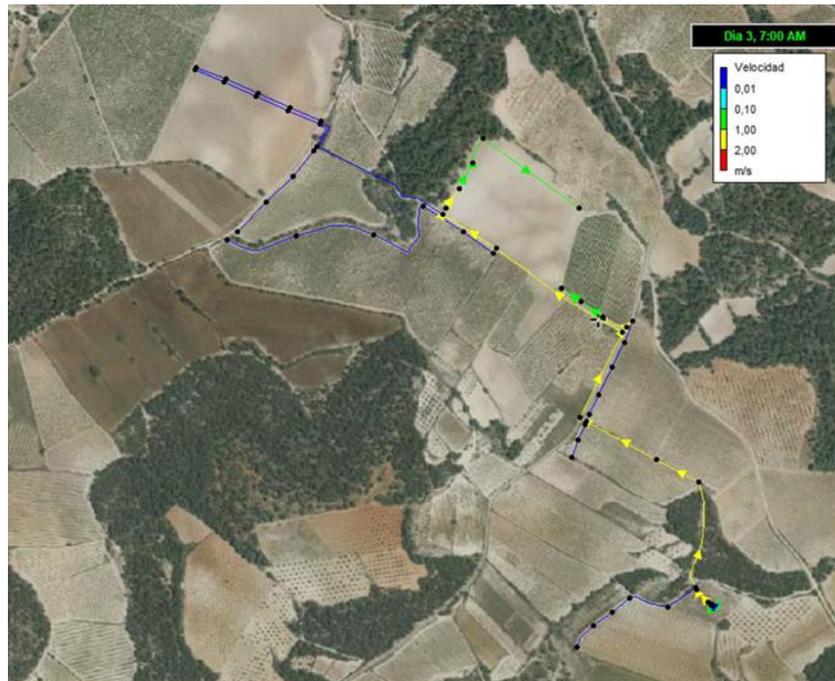


Figura 37. Riego del sector 3 en EPANET

Para finalizar, se inicia el análisis de EPANET y se obtienen datos de los nudos y tuberías del sistema durante las diferentes horas de la semana. Para su mejor visualización se elige que muestre la velocidad de la tubería para visualizar por donde fluye el agua. En este caso de ejemplo, se escoge el sector 3 de riego, ya que la parcela 5 con el punto más desfavorable se encuentra en este sector.

Como se ha mencionado la parcela más desfavorable es la 5, por lo tanto, para corroborar que la presión en ese punto es suficiente y se encuentra entre los valores de 0,5 a 3 bares para que los goteros auto compensables funcionen correctamente, se elige la muestra de presiones en los nudos y como se observa en la tabla siguiente la presión del nudo desfavorable ronda 1 bar, por lo que el valor es aceptable y por lo tanto el sistema dimensionado es correcto.



Figura 38. Presiones de la parcela 5 en EPANET

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES

El proyecto realizado se basa en el objetivo principal que es la implantación de un sistema de riego en unas parcelas de la localidad de Los Pedrones, comarca de Requena-Utiel.

Para cumplir con el objetivo, se han llevado a cabo una serie de pasos:

- Se ha llevado a estudio el terreno en el que se desarrolla el proyecto. Para ello se han localizado las parcelas, se han obtenido las referencias catastrales, las áreas y las altitudes.
- Mediante la herramienta EPANET se ha diseñado el circuito del sistema de riego y posteriormente se ha dimensionado este comenzando por las tuberías. Se ha calculado el caudal de cada tipo de tubería, el caudal máximo, los diámetros y las pérdidas debidas a la fricción.
- Se ha realizado el diseño del pozo y el dimensionado de la bomba para la extracción de agua.
- Ya dimensionado todo el circuito de riego, se han evaluado distintas fuentes de energía, como son los paneles fotovoltaicos, la red eléctrica y un motor de combustión. Cada una ha sido diseñado, presupuestado y evaluado su impacto ambiental. Finalmente, se comparan las tres y se escoge la opción más viable tanto económica como medioambiental.
- Por último, se han seccionado las parcelas y se ha implementado el sistema de riego ya dimensionado y diseñado por completo en EPANET para la comprobación de su correcto funcionamiento.

Con este proyecto se ha conseguido el objetivo del diseño del sistema de riego, buscando la manera óptima de realización de este.

CAPÍTULO 5: BIBLIOGRAFÍA

- Cárcel Cárcel, M. L. (2011). *LA VITIVINICULTURA DE LA COMARCA DE REQUENA-UTIEL DE FINES DEL SIGLO XX Y PRINCIPIOS DEL XXI*. 453–471.
- Datosclima*. (n.d.). <https://datosclima.es/Aemethistorico/Meteostation.php>
- Feria, I. I. (2002). *FERTIRRIGACIÓN EN VIÑA*. 26–28.
- Mateo Sanz, G. (2018). *La flora vascular de la Meseta de Requena-Utiel Gonzalo*. Mateo@uv.es. 271–300.
- Papaevangelou, G., Evangelides, C., & Tzimopoulos, C. (2010). A new explicit equation for the friction coefficient in the Darcy-Weisbach equation , Proceedings of the Tenth Conference on Protection and Restoration of the Environment : *Proceedings of the Tenth Conference on Protection and Restoration of the Environment: PRE10, November 2015*, 1–7. https://www.researchgate.net/profile/Chris_Evangelides/publication/283993267_A_new_explicit_equation_for_the_friction_coefficient_in_the_Darcy-Weisbach_equation_Proceedings_of_the_Tenth_Conference_on_Protection_and_Restoration_of_the_Environment_PRE10_Jul
- Piqueras Haba, J. (1976). *PROPIEDAD AGRARIA Y CULTIVOS EN REQUENA (VALENCIA)*.
- Reynier, A. (2012). *Manual de Viticultura*.
- Soriano Benavent, H. (2020). *Impacto del cambio climático sobre la calidad de la uva de la variedad bobal en la D.O. Utiel-Requena*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/157898>
- Torres Pérez, F. (2013). Ruralidad “glocalizada”. la comarca vitivinícola de Utiel-Requena (Valencia). *Periferias. Fronteras y Diálogos*, 5707–5732.
- URIZAR, I. F. (2011). *Modelación Matemática Del Flujo De Agua Subterránea Del Acuífero De Requena-Utiel. Estudio Del Plan De Explotación De La Masa De Agua*. http://oa.upm.es/9319/2/TESIS_MASTER_MARGARITA_LOZANO_R.pdf
- Valor, Oswaldo; Bautista, D. (2002). *Establecimiento y formación de plantas de vid para vino en un sistema de espaldera vertical bajo condiciones tropicales*.

PRESUPUESTO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN PRESUPUESTO

En este apartado, se presenta el presupuesto estimado para la realización del proyecto. Este se divide en diferentes partes: la implantación del sistema de riego anteriormente dimensionado, construcción del pozo y la caseta, construcción de la balsa y la conexión del sistema eléctrico. Cada uno de estos apartados está dividido en: materiales, maquinaria y personal.

Dentro de cada tabla de presupuesto, se muestra el número de unidades y el precio unitario para cada una de ellas, obteniéndose por lo tanto el precio total para cada elemento. Los precios unitarios de los productos se obtienen de catálogos como son: bombas ideales, gestiriego, Axxons, autosolar y AZUD premier

Sumando todo lo anterior junto con un 15 % de gastos y 6 % de beneficio destinado a la industria, estimados, y posteriormente el 21 % de IVA, da como resultado el presupuesto total estimado para poder llevar a cabo el proyecto propuesto.

CAPÍTULO 2. PRESUPUESTO PROYECTO

2.1. SISTEMA RIEGO

2.1.1. SISTEMA RIEGO: MATERIALES

Tabla 19. Presupuesto materiales del sistema riego (1/3)

ELEMENTOS	UNIDADES	PRECIO (€)	TOTAL (€)
Gotero autocompensable Starcomp de 16mm cada 1m	84.700 m	0,09	7.367,14
Tubería PVC Ø90mm	1.742 m	0,49	853,20
Tubería PVC Ø75mm	465 m	0,35	161,63
Tubería PVC Ø63mm	228 m	0,25	57,67
Tubería PVC Ø50mm	274 m	0,24	64,94
Tubería PVC Ø40mm	61 m	0,22	13,43
Electroválvula 24V Bernard 90mm	3	154,00	462
Electroválvula 75 mm 24VAC	3	61,18	183,52
Electroválvula Hunter PGV-201-B 24V 63mm	1	48,11	48,11
Electroválvula Hunter PGV-151G-B 50mm	2	38,48	76,96

Tabla 20. Presupuesto materiales del sistema riego (2/3)

ELEMENTOS	UNIDADES	PRECIO (€)	TOTAL (€)
Electroválvula Rain RN 160 plus 40mm	1	21,33	21,33
Pegamento PVC rígido 1 kg	5	15,36	76,83
Codo PVC 90° 90mm	15	3,64	54,63
Electroválvula Rain RN 160 PLUS 40mm	1	21,33	21,33
Pegamento PVC rígido 1 kg	5	15,36	76,83
Codo PVC 90° 90mm	15	3,64	54,63
Codo PVC 45° 90mm	15	3,57	53,56
Codo PVC 90° 75mm	5	2,95	14,75
Codo PVC 45° 75mm	5	2,93	14,65
Codo PVC 90° 63mm	5	1,12	5,61
Codo PVC 45° 63mm	5	1,08	5,41
Codo PVC 90° 50 mm	5	0,68	3,43
Codo PVC 45° 50mm	5	0,66	3,32
Codo PVC 90° 40mm	5	0,70	3,52
Codo PVC 45° 40mm	5	0,68	3,40
T PVC 90 mm	10	1,54	15,40
Junta PVC-GOTEO 16mm	550	0,06	30,41
Toma enlace goteo 16mm	1.000	0,06	63,20
Filtro anillas manual	1	11,02	11,02

Tabla 21. Presupuesto materiales del sistema riego (3/3)

ELEMENTOS	UNIDADES	PRECIO (€)	TOTAL (€)
Separador hidrociclónico de tierra	1	183,33	183,33
Contador de agua Woltman	1	154,05	154,05
Manómetros de presión	2	10,38	20,76
Agitador TABODO 2100W	1	66,36	66,36
Bidón abonado 1000L	2	166,69	333,38
Bomba dosificadora SEKO TEKNA	1	264,57	264,57
Alambre galvanizado	84.700	0,04	3599,94
Grapas galvanizadas	42.350	0,01	257,62
Bomba modelo SXT 45/16	1	5.070,22	5.070,22
Bomba RNL 65/125 2900 rpm	1	921,14	921,14
Tubo seccional para bomba Ø144mm	140	5,70	798,00
Arqueta prefabricada	5	166,69	833,45
Arqueta prefabricada	5	166,69	833,45
Cable enterrado trifásico	1742	0,47	825,71
Programador de riego modular ESP-LXME	1	244,90	244,90
Ventosa simple para salida de aire	6	4,95	29,70
TOTAL			23.244,91

2.1.2. SISTEMA RIEGO: PERSONAL Y MAQUINARIA.

Tabla 22. Presupuesto personal y maquinaria del sistema riego

ELEMENTOS	UNIDADES	PRECIO (€)	TOTAL (€)
Adrián Delgado Sánchez (Ingeniería de la Energía)	150	20,00	3.000,00
Fontanero	40	15,00	600,00
Electricista	24	15,00	360,00
Peones	64	10,00	640,00
Retroexcavadora con maquinista	48	71,50	3.432,00
TOTAL			8.032,00

2.1.3. SISTEMA RIEGO: TOTAL

Tabla 23. Presupuesto total del sistema de riego

ELEMENTOS	TOTAL (€)
Materiales	23.244,91
Personal y maquinaria	8.032,00
TOTAL	31.276,91

El total del presupuesto estimado para el sistema de riego asciende a treinta y un mil doscientos setenta y seis euros con noventa y un céntimos.

2.2. CONSTRUCCIÓN POZO Y CASETA

2.2.1. CONSTRUCCIÓN POZO Y CASETA: PERSONAL, MAQUINARIA Y MATERIAL

Tabla 24. Presupuesto total de la construcción del pozo y de la caseta

ELEMENTOS	UNIDADES	PRECIO (€)	TOTAL (€)
Personal+ Equipo de perforación+ entubación acero al carbono Ø200mm	140	55,00	7.700,00
Construcción paredes caseta	78	25,00	1.950,00
Construcción tejado	40	79,00	3.160,00
Adrián Delgado Sánchez (Ingeniería de la Energía)	100	20,00	2.000,00
TOTAL			14.810,00

El total del presupuesto estimado para la construcción del pozo y de la caseta asciende a catorce mil ochocientos diez euros.

2.3. CONSTRUCCIÓN BALSA

2.3.1. CONSTRUCCIÓN BALSA: MATERIALES

Tabla 25. Presupuesto materiales para la construcción de la balsa

ELEMENTOS	UNIDADES	PRECIO (€)	TOTAL (€)
Sensor electrónico de nivel de agua	1	254,90	254,90
Kit Vallado malla simple	60	4,70	282,00
Geotextil tejido con polipropileno resistente	405	1,89	765,45
Geomembrana homogénea de policloruro de vinilo plastificado impermeable	405	4,43	1.794,15
TOTAL			3.096,50

2.3.2. CONSTRUCCIÓN Balsa: PERSONAL Y MAQUINARIA

Tabla 26. Presupuesto personal y maquinaria para la construcción de la balsa

ELEMENTOS	UNIDADES	PRECIO (€)	TOTAL (€)
Retroexcavadora con maquinista	6	71,50	429,00
Construcción muro contención	90	55,00	4.950,00
Enfoscado de cemento	315	10,00	3.150,00
1er oficial de obra	32	15,00	480,00
Peón	32	10,00	320,00
Adrián Delgado Sánchez (Ingeniería de la Energía)	50	20,00	1.000,00
TOTAL			10.329,00

2.3.3. CONSTRUCCIÓN Balsa: TOTAL

Tabla 27. Presupuesto total para la construcción de la balsa

ELEMENTOS	TOTAL (€)
Materiales	3.096,50
Personal y maquinaria	10.329,00
TOTAL	13.425,50

El total del presupuesto del total estimado para la construcción de la balsa asciende a trece mil cuatrocientos veinticinco euros con cincuenta céntimos.

2.4. SISTEMA ENERGÉTICO

2.4.1. SISTEMA ENERGÉTICO: MATERIALES

Tabla 28. Presupuesto materiales para la implantación del sistema energético

ELEMENTOS	UNIDADES	PRECIO (€)	TOTAL (€)
Kit Conexión red 40kW 211,2 kWh/día Fronius Trifásico	1	21.561,68	21.561,68
Incluye:			
Panel Solar 455W a 24v Monocrislaino	88		
Inversor Fronius Symo 20kW trifásico	2		
Vatímetro Lacedal ITR 2.0 5A	1		
Estructuras para paneles	18		
Cable rojo 6mm2	250		
Cable negro 6mm2	250		
Conectores MC4 paneles	8		
Kit Vallado malla simple	200	4,70	940
Fusible 120A	1	5,49	5,49
Interruptor diferencial schneider	1	156,81	156,81
Magnetotermico schneider 60A	1	105,7	105,7
TOTAL			22.869,68

2.4.2. SISTEMA ENERGÉTICO: PERSONAL

Tabla 29. Presupuesto personal para la implementación del sistema energético

ELEMENTOS	UNIDADES	PRECIO (€)	TOTAL (€)
1er oficial electricista	48	15,00	720,00
Peón	80	10,00	800,00
Instalación toma tierra	1	550,00	550,00
Instalación transformador baja tensión a 200m de la línea de media tensión	1	8.350,00	8350,00
Adrián Delgado Sánchez (Ingeniería de la Energía)	100	20,00	2000,00
TOTAL			12.420,00

2.4.3. SISTEMA ENERGÉTICO: TOTAL

Tabla 30. Presupuesto total para la implementación del sistema de riego

ELEMENTOS	TOTAL (€)
Materiales	22.869,68
Personal	12.420,00
TOTAL	35.289,68

El total del presupuesto del total estimado para la implementación del sistema energético asciende a treinta y cinco mil doscientos ochenta y nueve con sesenta y ocho céntimos.

2.5. RESUMEN Y TOTAL DEL PRESUPUESTO

Tabla 31. Presupuesto total del proyecto

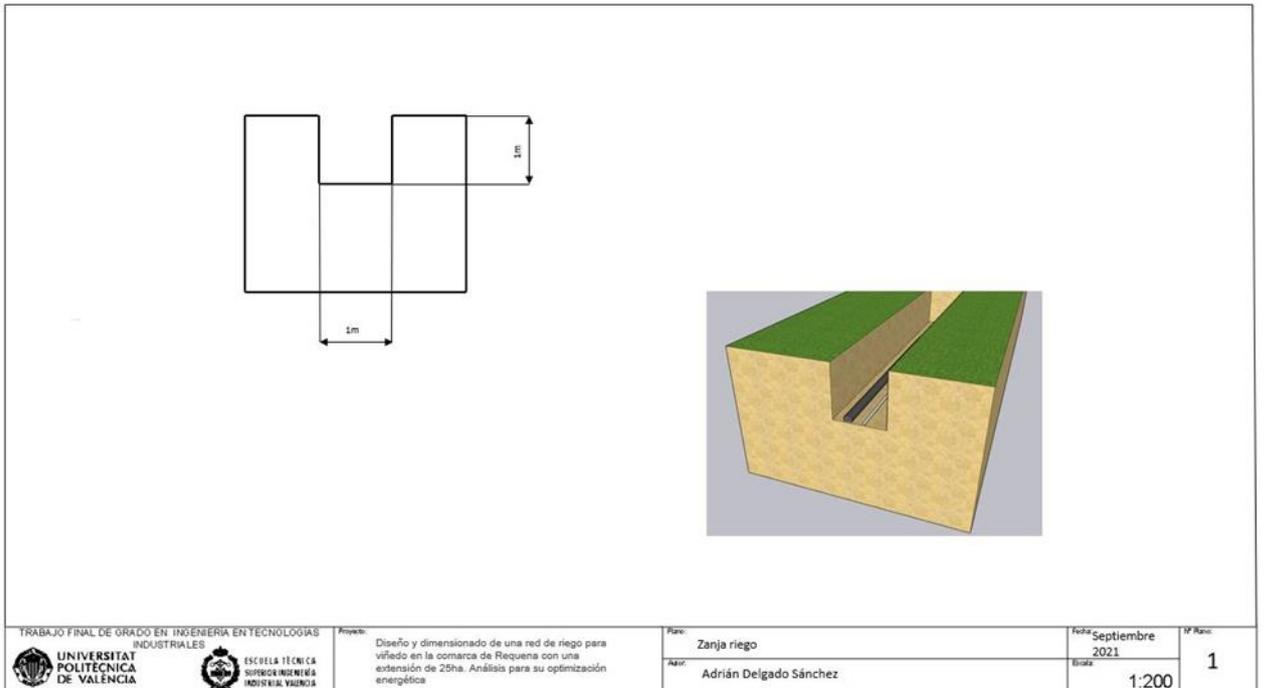
ELEMENTOS	PRECIO (€)
SISTEMA RIEGO	31.276,91
CONSTRUCCIÓN POZO Y CASETA	14.810,00
CONSTRUCCIÓN Balsa	13.425,50
SISTEMA ENERGÉTICO	35.289,68
15 % GASTOS	14.220,31
6 % BENEFICIO INDUSTRIA	5.688,12
TOTAL	114.710,52
21 % IVA	24.089,21
TOTAL	138.799,73

El total del presupuesto del proyecto asciende a ciento treinta y ocho mil setecientos noventa y nueve con setenta y tres céntimos.

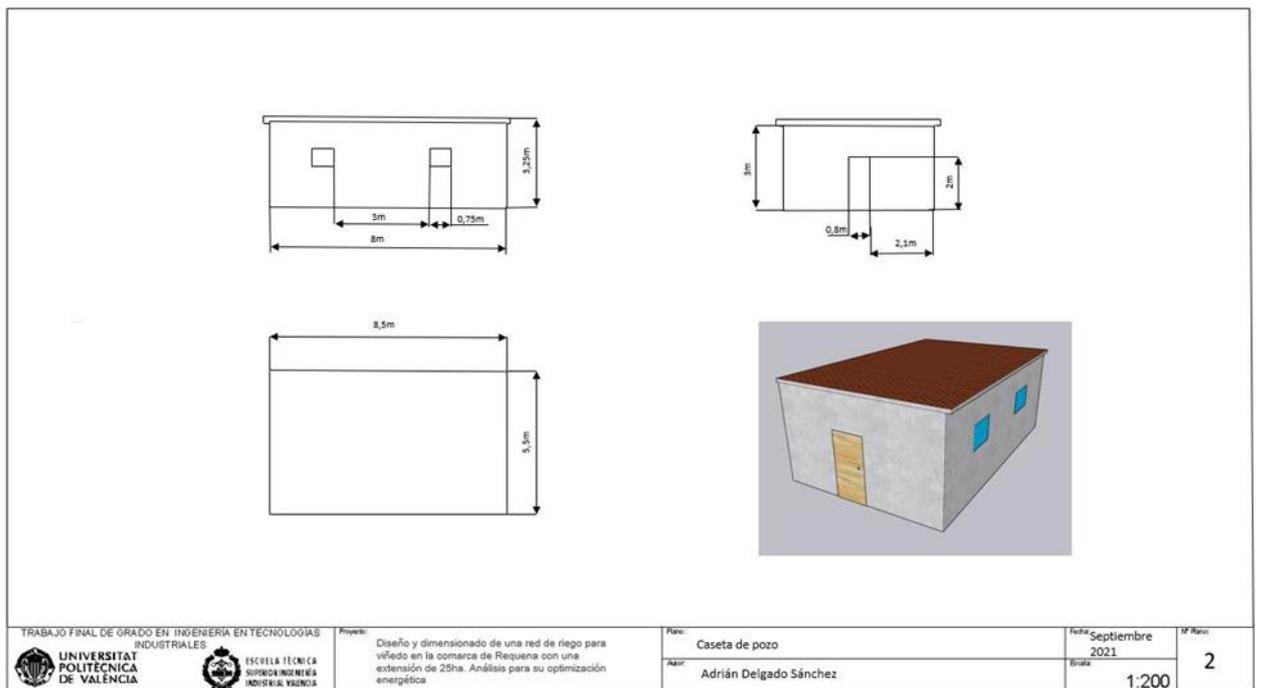
Valor bastante elevado, pero en apartados anteriores se ha analizado el tiempo de amortización, que resulta ser de 4,6 años y las emisiones que no son muy elevadas, por lo que es un proyecto viable.

PLANOS

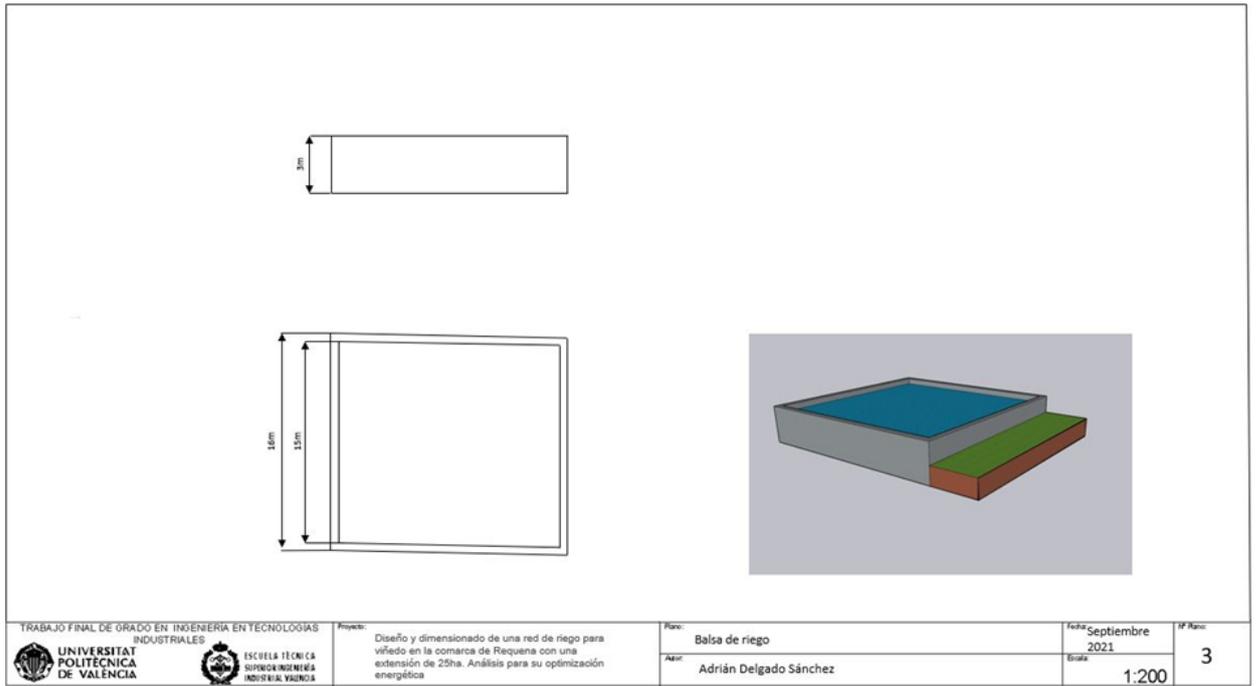
PLANOS



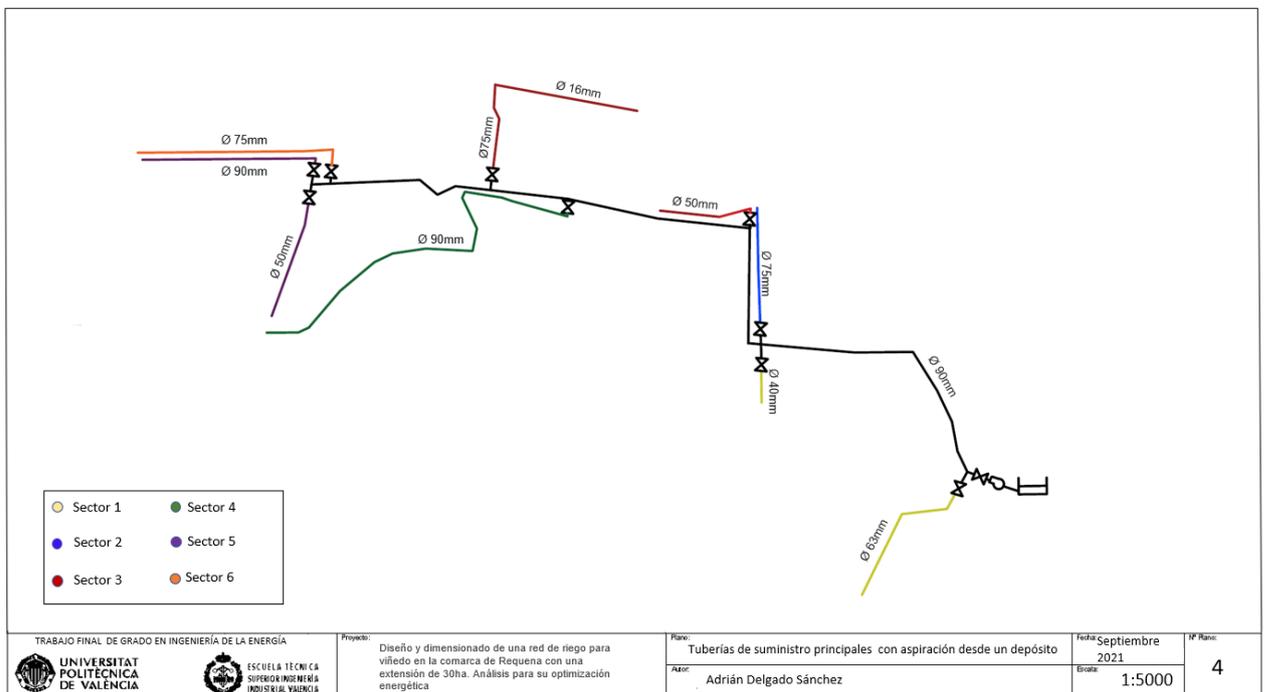
Plano 1. Zanja riego



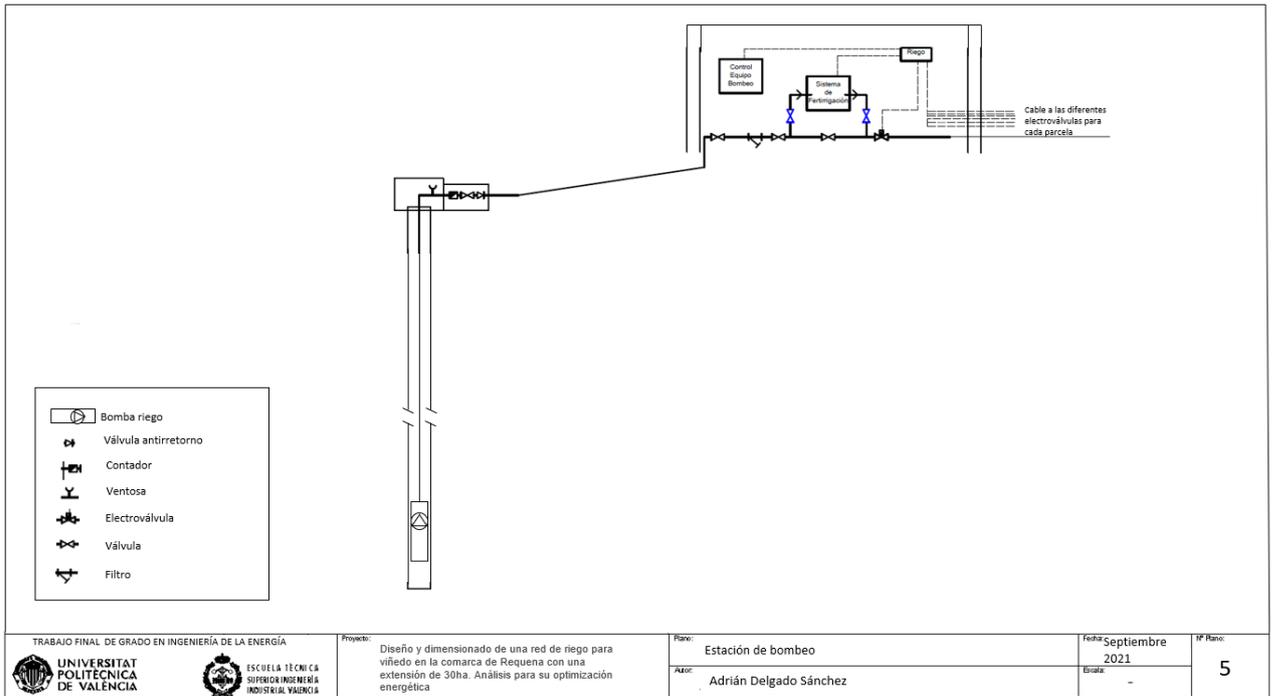
Plano 2. Caseta de pozo



Plano 3. Balsa de riego



Plano 4. Tuberías de suministro principales



Plano 5. Estación de bombeo