

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA EL FUNDO
VILLA VICTORIA - HUAURA”**

Presentado por:

BACH. KENNY MARCOS ATOCHE FEIJOO

**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRICOLA**

**Lima – Perú
2017**

INDICE

I.	Resumen	
II.	Introducción.....	01
III.	Revisión bibliográfica.....	02
IV.	Desarrollo.....	06
V.	Discusiones.....	46
VI.	Conclusiones.....	47
VII.	Recomendaciones.....	48
VIII.	Referencias bibliográficas.....	49
IX.	Anexos.....	50

I. RESUMEN

San Fernando S.A. es uno de los mayores productores de carne de aves, huevos, cerdos y embutidos en el Perú. De estas cadenas productivas se generan residuos orgánicos que son procesados en dos Biodigestores mediante procesos de biodigestión, ubicados en la planta de producción de cerdos localizada en la ciudad de Huaral. Como producto se obtiene Biol un fertilizante líquido y 100 por ciento natural rico en nutrientes utilizado en los campos de cultivo de la empresa.

Con el objetivo de impulsar la investigación en sus cadenas productivas, está desarrollando la primera etapa de un sistema de riego ubicado en el fundo villa victoria en la irrigación Santa Rosa - Sayan - Huara. El cual permita realizar ensayos en cultivos como cítricos y espárragos en sus diferentes etapas de desarrollo con la aplicación de estos fertilizantes. En un espacio de 0.9ha dividida en 8 sectores de riego por goteo de 1,111m² o 0.1ha, la segunda etapa consiste en la automatización del sistema y la implementación de un vivero de 120m² con riego por nebulización.

El reto del proyecto en aspectos hidráulicos es la gran diferencia topográfica que existe entre la fuente de agua y la zona a regar con un valor de 60m, y por altas presiones de funcionamiento que solicitan los emisores de riego en la zona de nebulización (II etapa) con un valor de 4.0 bar. Además de las pérdidas de carga en el cabezal de riego, sistema de filtrado, en la conducción y accesorios de PVC, hacen que las presiones requeridas para la bomba estén alrededor de los 10.5 bares.

Bajo estas condiciones de alta presión, es necesario prever la seguridad en los componentes del cabezal tales como válvulas de aire, sistemas de filtrado, accesorios de conexión, etc. contando con dos casetas: una de bombeo en la parte baja y una de filtrado y fertilización en una zona más alta donde la presión dinámica y estática sea menor y este acorde a los rangos de trabajo de los diferentes componentes de riego proporcionados por los fabricantes. Para ello utilizamos un *software* de última generación IRRICAD.

De esta manera nos permite saber a detalle las variaciones de presión a lo largo de toda la red de tuberías, permitiendo hacer un correcto diseño y determinación de clases de las mismas. Así como la determinación de tipos laterales según la topografía como es el caso de laterales con emisores autocompensados.

II. INTRODUCCION

El riego gota a gota es un moderno sistema de aplicación de agua a los cultivos, consiste en el transporte de agua a través de redes de conducción presurizadas hasta emisores o goteros, los cuales aplican el agua a las plantas en forma localizada.

A su vez el riego por nebulización es prácticamente el mismo que el goteo, la única diferencia es el emisor y la forma en que se aplica el agua, en este caso en forma nebulizada, es decir, en forma de neblina fina.

El presente trabajo describe las características de la primera etapa de un sistema de riego por goteo en el fundo Villa Victoria ubicado en la irrigación Santa Rosa – distrito de Sayan, provincia de Huaura, departamento de Lima, se considera los aspectos tenidos en cuenta en el diseño agronómico e hidráulico con el *software* de diseño de irrigaciones Irricad y en la implementación de este, el sistema se desarrolla en dos etapas, la primera etapa del sistema tendrá una operación manual, con componentes manuales, la segunda etapa consistirá en la automatización del sistema y la implementación de un vivero con riego por nebulización.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Riego

RAE (2005), señala que regar es esparcir el agua sobre una superficie, en este caso la tierra para beneficiarla.

Tarjuelo (1991), el objetivo que se pretende con el riego es satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos, aplicando el agua uniformemente y de forma eficiente.

3.2 Riego por Goteo

FAO (1994), menciona que es el aporte de pequeños caudales y pequeñas dosis de agua localmente en la zona de las raíces de los cultivos por medio de dispositivos de distribución denominados goteros.

Pizarro, F. (1996), señala que el riego por goteo es un método de riego localizado, donde el agua es aplicada en forma de gotas a través de emisores que comúnmente se denominan goteros. Se caracterizan por dos aspectos principales: la Localización y la frecuencia.

- Localización

Es referida a que solo se humedece parte del volumen del suelo y es del cual las plantas obtendrán el agua y los nutrientes que necesitan.

- Frecuencia

La localización obliga a tener un volumen de suelo mojado reducido y para satisfacer las necesidades del cultivo se debe aplicar el riego con alta frecuencia.

3.3 Emisor

Pizarro, F. (1996), Son los dispositivos más importantes y delicados en las instalaciones de riego, encargados de entregar el agua al suelo, dentro de una presión cercana a los 10m.c.a (metros de columna de agua), esta relación que existe en los emisores de Caudal emitido vs presión de servicio se denomina ecuación del emisor.

$$q=Kh^x \dots (1)$$

Donde:

- q: Caudal del emisor, medido en litros/hora (l/h).
- K: Coeficiente de descarga (adimensional).
- x: Exponente de descarga.
- h: Presión a la entrada del emisor, medido en metros de columna de agua.

3.4 Sensibilidad a las variaciones de presión

Emisores no auto compensaste: aquellos que varía el caudal emitido según las variaciones de presión en la entrada, en este tipo de emisores el exponente de descarga “x” de la ecuación del emisor varía entre 0.2 a 0.8.

Emisores auto compensaste: aquellos que no varía el caudal entregado cuando existe variaciones de presión en la entrada, debido a que poseen un elemento flexible que generalmente es una membrana de caucho. En este tipo de emisores, el exponente de descarga “x” de la ecuación del emisor tiende a ser cero.

3.5 Red de distribución

Agüero, R. (2009), señala que es el conjunto de tuberías de diferentes diámetros, válvulas, grifos y demás accesorios encargados de la conducción del agua desde la fuente de abastecimiento hasta los emisores.

Pizarro, F. (1996), señala que es el conjunto o red de tuberías encargadas de conducir el agua desde la fuente de agua hasta los emisores y que se pueden clasificar sin generar confusión, según su orden adopta la siguiente nomenclatura:

Lateral: es la tubería de último orden, en los cuales se conectan los emisores generalmente son de polietileno con diámetros de 16mm, 17mm y 20mm entre los más usados.

Tubería terciaria: es la tubería que alimenta directamente a los laterales y generalmente está controlada por una válvula de apertura y cierre, estos a su vez conforman la sub unidad de riego.

Tuberías secundarias: es la tubería que alimenta a las sub unidades de riego, al conjunto de sub unidades de riego se conoce como unidad de riego o turno de riego.

Tubería principal: es la tubería que parte desde el cabezal de riego, hasta los tunos de riego.

3.6 cabezal de riego

Pizarro, F. (1996) señala que es el elemento central de una instalación de riego, compuesta por un conjunto de elementos que permite el tratamiento del agua de riego, su filtración y medición así como la aplicación de fertilizantes.

3.6.1 Equipo de bombeo

Conformado generalmente por una electrobomba, cuya función es proporcionar el caudal y la presión necesaria para el funcionamiento del sistema de riego.

3.6.2 Sistema de filtrado

Un problema común en el sistema de riego es la obturación de los emisores por las partículas sólidas en suspensión que presenta el agua de riego, la solución típica consiste en el filtrado. Estos pueden ser de limpieza manual o automática con grados de filtración de 120mesh que soportan una presión máxima de hasta 10bar. Existen diferentes materiales para su construcción como son el polipropileno o el nylon reforzado con fibra de vidrio.

3.6.3 Equipo de fertilización

Consta de depósitos de fertilizante generalmente tanques de almacenamiento de polietileno con volúmenes de 600lts o 1,100lts donde se prepara la solución madre, a su vez se cuenta con equipos de inyección

de fertilizante como son los inyectores venturi de 1/2" hasta 4" con diferentes rangos de inyección de entre 10 a 10.000 litros/hora.

Instalación típica: A

Injector instalado en la tubería principal, con una válvula de paso o reductora de presión en el by-pass.

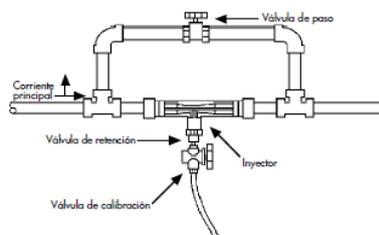


Figura No 1: instalación típica de inyector venturi

Fuente: ficha técnica inyector venturi – Mazzei.

3.6.4 Contadores de agua

Son aparatos que indican el caudal instantáneo que pasa por el sistema de riego, diseñados para funcionar generando una mínima pérdida de carga.

La medición es por medio de una turbina plástica que gira proporcionalmente a la velocidad del flujo. La turbina está instalada en el centro del flujo lo cual permite mayor exactitud en la medición.

3.6.5 Manómetros.

Es un instrumento para medir la presión en diferentes puntos de la red así como en el cabezal antes y después de los filtros y en los arcos de riego en campo.

3.6.6 Válvulas de aire

Dispositivos diseñados para extraer el aire acumulado en los puntos altos de la red de tuberías los cuales provocan una reducción del área del flujo de agua, produciendo aumento en las pérdidas de carga, cuando el sistema está en funcionamiento, también permiten el ingreso de aire a la red para evitar el aplastamiento cuando se producen presiones negativas.

IV. DESARROLLO DEL TEMA

4.1 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

4.1.1 UBICACIÓN DEL PREDIO

El presente trabajo se realizó en el fundo Villa victoria, cuya extensión es de 232 ha. Ubicada a 150 km. al norte de la ciudad de Lima. Una altura entre 380 - 480 msnm.

a. Política

- Departamento: Lima
- Provincia: Huaura
- Distrito: Sayán

b. Geográfica

- Latitud Sur: $11^{\circ}12'08.5''$
- Latitud Oeste: $77^{\circ}23'22.0''$
- Altitud: 390 msnm.



Figura No 2: Mapa político del departamento de Lima.

FUENTE: Atlas del Instituto Geográfico Nacional, 2010.

4.1.2 Clima

En la costa la temperatura media más alta, varía desde 20,9° C en la isla Don Martín, en el mes de febrero, hasta 23,9° C en Humaya, durante el mismo mes de febrero, apreciándose el efecto termorregulador de las aguas del mar, en el sentido de que las temperaturas se presentan moderadas.

Asimismo, la temperatura media de las Lomas de Lachay y el sector adyacente a la intercuenca sur, es moderadamente inferior que las registradas en la cuenca propiamente dicha, lo que puede atribuirse a las características orográficas y la influencia de las nieblas de origen marino. En lo referente a temperaturas medias más bajas, estas se producen en invierno, siendo la menor registrada en Andahuasi en el mes de julio con 15,5° C.6

Esta situación climática es una de las causas de la condición de aridez del territorio y arenamiento, lo que significa la existencia de áreas desértica que puede alcanzar en promedio el 40 por ciento de la superficie de la Provincia.

Fuente: Plan de acondicionamiento territorial de la provincia de Huaura 2013-2022

4.1.3 Fuente de agua

La fuente de agua proviene del rio huara, mediante un canal con un caudal aproximado de 2 lps llega hasta el predio y abastece un reservorio de 100m3.

La calidad de agua para uso agrícola se ha establecido de acuerdo a la clasificación propuesta por el laboratorio de salinidad del departamento de agricultura de los estados unidos de Norteamérica, según dicha clasificación las aguas del rio Huaura son de salinidad moderada (C2) apropiada para cultivos que se adaptan o toleran moderadamente la sal pero peligrosas para plantas muy sensibles y suelos impermeables, según el contenido de sodio (S1) no revisten peligro alguno, el boro se encuentra a concentraciones bajas siendo inofensivas para la mayoría de cultivos.

4.1.4 Suelo

El suelo en el lugar del proyecto es del tipo arenoso.

Jonson, J. (1979) en los suelos arenosos predominan las arenas o partículas minerales mayores de 0.02 mm. De diámetro. Son suelos muy permeables, pues en ellos predominan macroporos. Su capacidad de retención de agua o capacidad de campo es baja, y también

lo es el agua disponible por las plantas o agua útil, pues presentan una baja microporosidad. Deben ser regados frecuentemente. Como ventajas se puede destacar que son fáciles de trabajar y no presentan problemas de aireación.

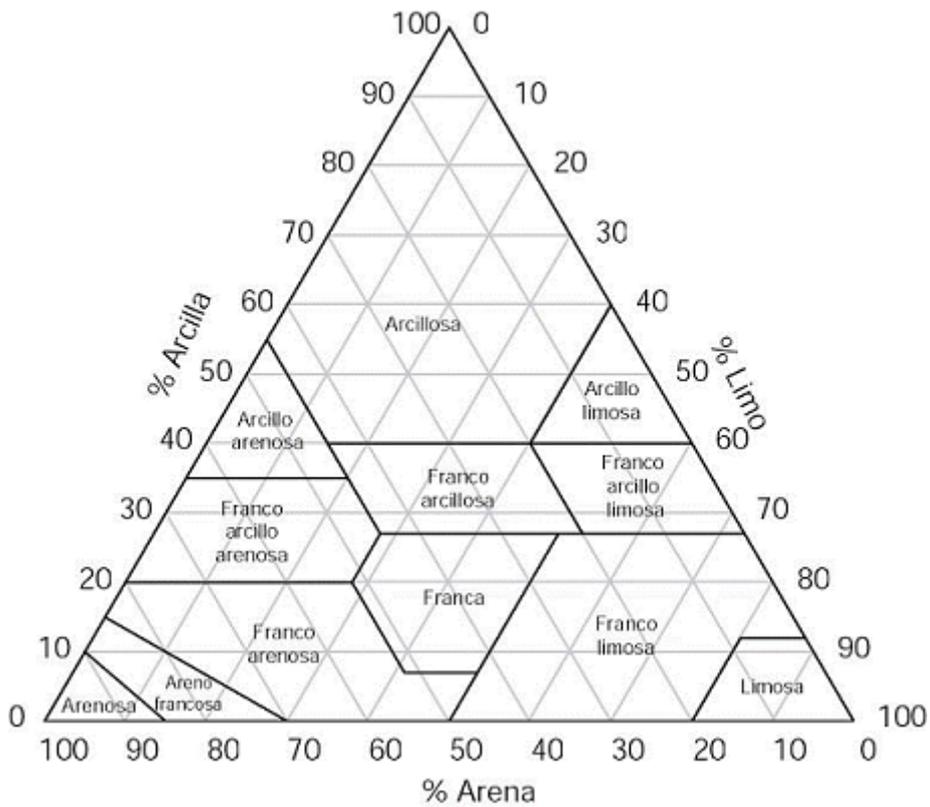


Figura No 3: Diagrama triangular de las clases texturales del suelo

Fuente: USDA, 1979.

4.2 PLANIFICACION DEL RIEGO

La parte agronómica del proyecto tiene como objetivo determinar la necesidad de agua del cultivo en su valor punta, basándonos en la experiencia del cliente en estos cultivos, se considera una lámina máxima diaria o necesidades totales de 5mm/día, este dato sería el resultado de si se realizaría el método estándar de FAO – Penman – Monteith.

NECESIDADES DEL CULTIVO

CITRICO

El cultivo tendrá un marco de plantación de 5m entre hilera de planta y 3m entre plantas, A solicitud del cliente, se solicita un caudal por gotero de 1.6l/h cada 40cm con dos hileras de manguera por hilera de planta.

Sobre esta base, podemos determinar que se tiene una precipitación de:

$$PP \left(\frac{\text{mm}}{\text{h}} \right) = \frac{q \left(\frac{\text{l}}{\text{h}} \right) * n}{m * e} \dots (2)$$

Donde:

- PP: Precipitación en mm/h.
- q: Caudal de gotero en l/h.
- n: Número de líneas de manguera por hilera de planta.
- e: Espaciamiento entre goteros en m.
- m: Distancia entre hilera de plantas en m.

Aplicando la ecuación 2:

$$PP \left(\frac{\text{mm}}{\text{h}} \right) = \frac{1.6\text{l/h}}{5\text{m} \times 0.4\text{m}} * 2 = 1.6$$

Basándonos en la experiencia del cliente en la zona, se requiere máximo de una lámina de reposición diaria de 5mm/día. Con lo cual:

Tiempo de riego por turno:

$$t \text{ (hrs)} = \frac{\text{Lamina}(\text{mm}/\text{día})}{\text{PP}(\frac{\text{mm}}{\text{h}})} \dots (3)$$

Donde:

- t: Tiempo de riego en horas/día.
- Lamina: Lamina de reposición diaria en mm/día.
- PP: Precipitación mm/h.

Aplicando la ecuación 3:

$$t \text{ (hrs)} = \frac{5\text{mm}/\text{día}}{1.6\text{mm}/\text{h}} = 3.13 \text{ hrs}/\text{día}$$

Tiempo total de riego

Se tienen cuatro turnos de riego para el cultivo de cítrico, haciendo un total de 12.50 horas al día.

ESPARRAGO

El cultivo tendrá un marco de plantación de 1.5m entre hilera de planta y 0.2m entre plantas, A solicitud del cliente, se solicita un caudal por gotero de 1.0l/h cada 30cm con dos hileras de manguera por hilera de planta.

Sobre esta base, podemos determinar que se tiene una precipitación de:

$$\text{PP} \left(\frac{\text{mm}}{\text{h}} \right) = \frac{q \left(\frac{\text{l}}{\text{h}} \right) * n}{m * e} \dots (4)$$

Donde:

- PP: Precipitación en mm/h.
- q: Caudal de gotero en l/h.
- n: Número de líneas de manguera por hilera de planta.
- e: Espaciamiento entre goteros en m.
- m: Distancia entre hilera de plantas en m.

Aplicando la ecuación 4:

$$PP \left(\frac{\text{mm}}{\text{h}} \right) = \frac{1.0\text{l/h}}{1.5\text{m} \times 0.3\text{m}} * 2 = 4.44$$

Basándonos en la experiencia del cliente en la zona, se requiere máximo de una lámina de reposición diaria de 5mm/día. Con lo cual:

Tiempo de riego por turno:

$$t \text{ (hrs)} = \frac{\text{lamina(mm/dia)}}{PP \left(\frac{\text{mm}}{\text{h}} \right)} \dots (5)$$

Donde:

- t: Tiempo de riego en horas/día.
- Lamina: Lamina de reposición diaria en mm/día.
- PP: Precipitación mm/h.

Aplicando la ecuación 5:

$$t \text{ (hrs)} = \frac{5\text{mm/dia}}{4.44\text{mm/h}} = 1.13 \text{ hrs/dia}$$

Tiempo total de riego

Se tienen cuatro turnos de riego para el cultivo de cítrico, haciendo un total de 4.50 horas al día.

RESUMEN AGRONOMICO

La zona a regar ha sido dividida en 8 parcelas en las cuales se implementara riego por goteo.

Cada parcela es un turno de riego, en total 9 turnos de riego, que se regaran en 20 horas en máxima demanda y que coincidirá cuando el sistema este automatizado (2da etapa).

Cuadro No 1: PLANIFICACION DE RIEGO DE CULTIVOS PERENNES: CITRICOS

EQUIPO 1 - PERENNES												
Turno de riego	Cultivo	Sup. (ha)	Distancia Entre		Laterales por hilera (c/u)	Caudal Gotero (l/h)	Dist. Entre Goterros (m)	Pluvio metria (mm/h)	Caudal (m3/h)	Caudal (l/s)	lamina maxima (mm/día)	Horas de riego x turno
			Hileras (m)	Plantas (m)								
1	perennes 1	0.11	5.00	3.00	2	1.60	0.40	1.60	1.76	0.49	5.00	3.13
2	perennes 2	0.11	5.00	3.00	2	1.60	0.40	1.60	1.76	0.49	5.00	3.13
3	perennes 3	0.11	5.00	3.00	2	1.60	0.40	1.60	1.76	0.49	5.00	3.13
4	perennes 4	0.11	5.00	3.00	2	1.60	0.40	1.60	1.76	0.49	5.00	3.13
TOTAL		0.44							Total Horas de Riego al dia			12.50

Fuente: elaboración propia

Cuadro No 2: PLANIFICACION DE RIEGO DE CULTIVOS ANUALES: ESPARRAGO

EQUIPO - ESPARRAGO												
Turno de riego	Cultivo	Sup. (ha)	Distancia Entre		Laterales por hilera (c/u)	Caudal Emisor (l/h)	Dist. Entre Emisores (m)	Pluvio metria (mm/h)	Caudal (m3/h)	Caudal (l/s)	lamina maxima (mm/día)	Horas de riego x turno
			Hileras (m)	Plantas (m)								
1	anuales 1	0.11	1.50	0.20	2	1.00	0.30	4.44	4.80	1.33	5.00	1.13
2	anuales 2	0.11	1.50	0.20	2	1.00	0.30	4.44	4.89	1.36	5.00	1.13
3	anuales 3	0.11	1.50	0.20	2	1.00	0.30	4.44	4.89	1.36	5.00	1.13
4	anuales 4	0.11	1.50	0.20	2	1.00	0.30	4.44	4.89	1.36	5.00	1.13
TOTAL		0.44							Total Horas de Riego al dia			4.50

Fuente: elaboración propia

BALANCE HIDRICO

Teniendo como base la lámina máxima diaria de 5mm y considerando que se tiene un área de 0.88ha se tendría un volumen diario de 44m³. También se considera una reserva de 1 1/2 días con lo cual requerimos de un reservorio de 100m³.

Este reservorio, es alimentado por el canal de riego con un caudal de 2.0 l/s.

4.3 DISEÑO HIDRAULICO

Para el diseño hidráulico de la red de tuberías se usó el *software* de diseño IRRICAD. El cual permite calcular tanto la subunidad de riego como la matriz de conducción.

Dicho *software* Diseña diversos sistemas de riego a presión – desde diseños agrícolas a gran escala a diseños de paisaje de pequeña escala. Calcula la hidráulica, presiones, caudales y cantidades. Establece coordenadas, planes de dibujo e imágenes en 3D, Lista de materiales y permite exportar los resultados en dibujo a AutoCAD.

El proceso de diseño empleando el *software* requiere como base la planificación física del equipo de riego es decir, contar con sectores ya definidos, ubicación de las válvulas de control, ubicación de la portalateral, curvas de nivel del terreno, marco de plantación, emisor y especificaciones técnicas de las tuberías de PVC y laterales de riego (diámetros externos e internos). Y criterios de diseño por parte del usuario, como por ejemplo velocidades máximas y mínimas admisibles, presiones máximas y mínimas, variaciones de caudal y presión en cada sector, uniformidad mínima.

Para poder distribuir el agua a los cultivos se necesita un sistema de riego que incluya redes de tuberías, bombas y emisores. Para cumplir con los objetivos propuestos se establecieron una serie de etapas que permitieran desarrollar el modelo y evaluar su comportamiento.

Es necesario que la planificación física se encuentre en el programa AutoCAD y se adecuen en capas en formato dxf. Para poder cargarlos en el programa.

Información del emisor

Los datos de laterales de riego son necesarios para la base de datos del *software* y calcular la pérdida por fricción cuando el agua fluye a través del lateral. La iteración es un método muy preciso de cálculo de pérdida por fricción en los laterales de riego. Se requiere lo que se llama barb factor (K_d). Este valor es normalmente entre 0 y 2 y está en función de la pérdida de carga causada por la presencia del emisor en la pared del lateral. También se requiere la constante del emisor junto con el exponente y el espaciado de los emisores

en el lateral. El Kd, el coeficiente y el índice son suministrados por el fabricante de la línea de riego. Además de los datos de caudal a diferentes presiones, para este caso el caudal no varía por ser gotero auto compensado, también debemos tener el coeficiente de variación del gotero.

El Factor Kd en el *software*

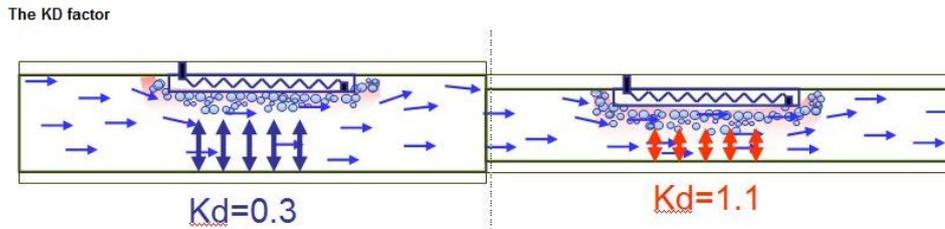


Figura No 4: factor Kd

Fuente: Manual de usuario IRRICAD Desing *Software*.

El factor KD se refiere a las pérdidas de carga secundarias creadas por los emisores dentro de los laterales y es proporcionado por el fabricante.

DATOS TECNICOS

Diámetro nominal	Espesor de pared		DI (mm)	DE (mm)	Presión máxima (bar)	KD	Conectores	
	mil	mm					Cinta	
16	13	0.33	16.2	16.86	1.4	0.4	●	
	15	0.38	16.2	16.96	1.8		●	
	18	0.45	15.8	16.70	2.0		●	
	25	0.63	15.6	16.86	2.5		●	
22	13	0.33	22.2	22.86	1.2	0.3	●	
	15	0.38	22.2	22.96	1.4		●	
	18	0.45	22.2	23.10	1.7		●	
	25	0.63	22.2	23.46	2.0		●	

Figura No 5: datos técnicos del emisor

Fuente: NDJ goteros TopDrip de 1.0- 2.2 lph - AC

Edit Tape

Tape Number		349	
Tape Description		TopDrip 16.15mil 1.6@0.4	
Usage	L Lateral	Default Inlet Pressure	12 m
Warehouse Code	MANGUERA STANDAR	Minimum Pressure	6 m
Supplier Cost Code	Label	Maximum Pressure	14 m
Pipe Type	COV 0.02	Zone Pressure Tolerance	20 % above
Nominal Diameter	16.96 mm	Zone Pressure Tolerance	20 % below
Actual Diameter	16.2 mm	Nominal Specific Discharge Rate	400 lph/100m
Tape Roughness	140 C	Flow Calculation Type	Iteration <input checked="" type="checkbox"/>
Allowable Pressure	14 m	Emitter Constant	1.6
Wholesale Cost	0 per meter	Emitter Index	0
Retail Price	0 per meter	Emitter Barb Factor	0.4
Plotting Line Type		Spacing	0.4 m
Plotting Color		Minimum PC Pressure	7 m

Save Cancel

Figura No 6: Ingreso de datos del emisor en el software IRRICAD

Fuente Manual de operación IRRICAD

Coefficientes de uniformidad empleados

El sistema emplea la siguiente fórmula para determinar el coeficiente de uniformidad teórico:

$$CU\% = \left(1 - \frac{1.27 * CV}{\sqrt{e}}\right) * \frac{qns}{qa} \dots (6)$$

Donde:

- CU%: Uniformidad.
- CV: Coeficiente de variabilidad.
- e: Emisores por planta.
- qns: Caudal mínimo del emisor.
- qa: Caudal promedio del emisor.

$$EU\% = 50 * \left(\frac{qa}{qmax} + \frac{qmin}{qa}\right) \dots (7)$$

La descarga de cada emisor se determina y se calcula un promedio. Se calcula el emisor con el caudal más bajo y también el caudal más alto.

Donde:

- EU%: Uniformidad.
- qmax : Caudal máximo del emisor.
- qmin : Caudal mínimo del emisor.
- qa : Caudal promedio del emisor.

$$DU\% = \frac{q_{25\% \text{ mas bajo}}}{qa} \dots (8)$$

Donde:

- q_{25% más bajo}: Descarga promedio de emisores del 25 por ciento más bajo.
- qa: Promedio de todos los flujos.

Sectores de riego

Es el área que riega una válvula, conformada por las laterales espaciadas según necesidades del cultivo, los porta laterales y la válvula de control.

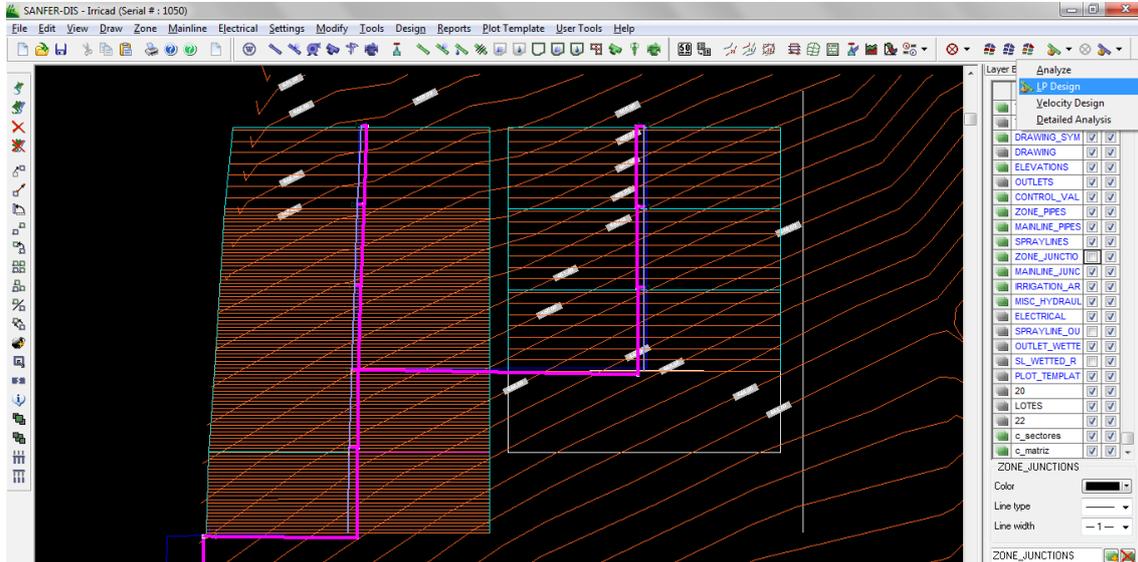


Figura No 7: definición de sectores de riego en el software IRRICAD

Fuente: elaboración propia

Válvulas

Son necesarias para el control del riego en la sub unidad de riego, y para la determinación de encendido y apagado de la válvula dependiente del turno de riego que se le asigne en el *software*. Vale resaltar que las pérdidas de carga en la válvula no son calculadas por el *software*, y se deben tener en cuenta en base a las curvas técnicas del proveedor para determinar el ADT total del sistema. El acondicionamiento de información en el *software*, se iniciará con la creación de subunidades junto a la válvula de control y terciarias, el diseño de las tuberías es de acuerdo a la fórmula de Hazen – Williams.

IRRICAD utiliza las válvulas como nodos de sub unidades definidos. En este caso, la válvula mantendrá la demanda de flujo y la presión del bloque o sub unidad de riego determinados en la simulación. Por lo tanto, el flujo y la presión de la válvula no son manipulados directamente por el usuario, sino calculados en base a las demandas de los emisores y presiones mínimas requeridas, sumándoles las pérdidas de carga y diferencias topográficas.

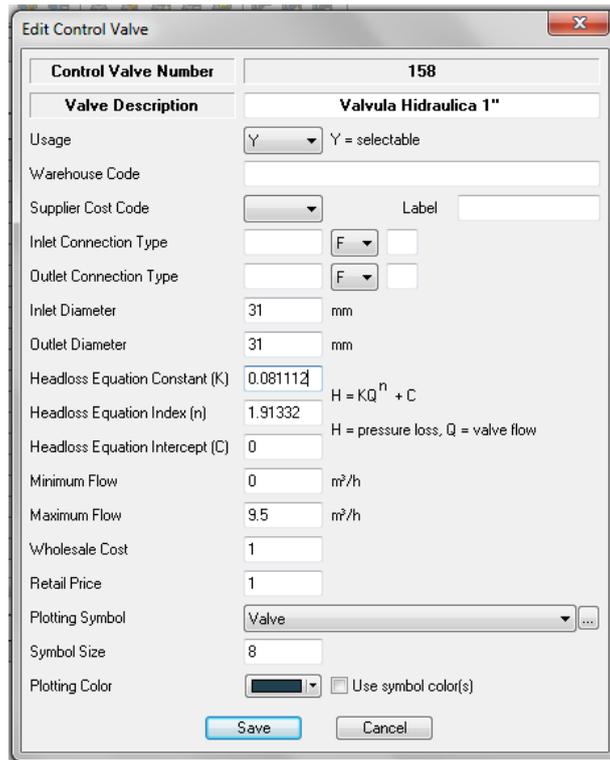


Figura No 8: Ingreso de datos de la válvula en el *software* IRRICAD

Fuente: elaboración propia

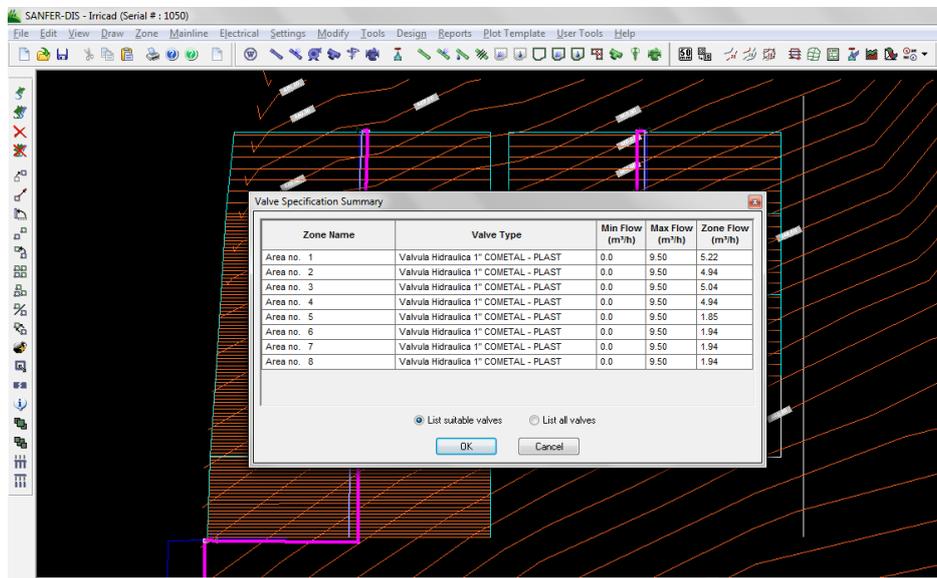


Figura No 9: selección de la válvula para cada sector en el *software* IRRICAD

Fuente: elaboración propia

Red de tuberías

Para la determinación de los diámetros en base al flujo que atraviesa la tubería, el programa toma en cuenta:

Límites de velocidad y variación de presión

Los límites de velocidad máximos - mínimos y los datos de elevación son usados en el modelo del *software* para iniciar la iteración con un diámetro pequeño y verifica que se cumplan las presiones requeridas y los límites de variación de presión, si la velocidad excede los límites, se pasara al diámetro superior inmediato.

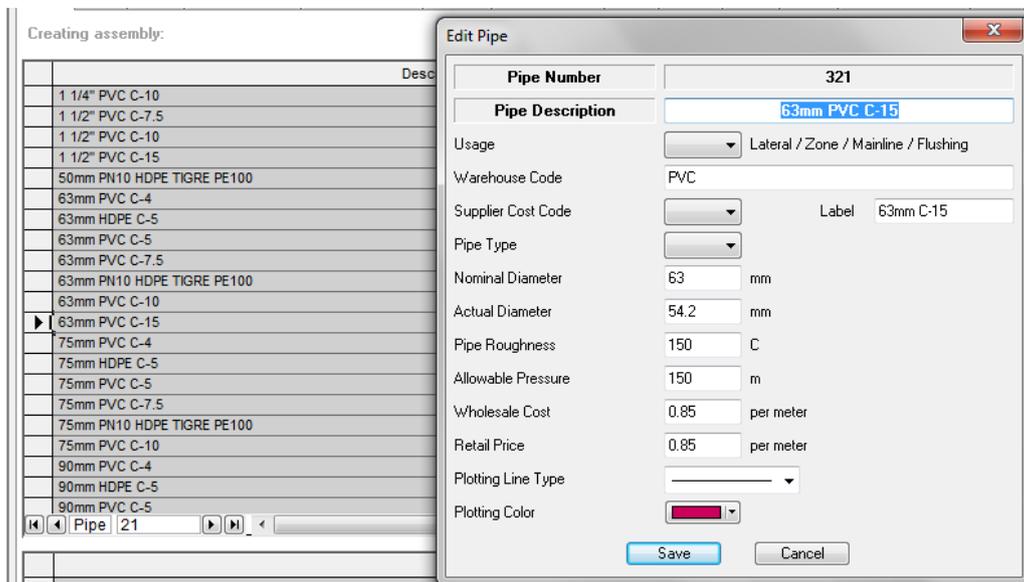


Figura No 10: Ingreso de datos de las tuberías en el *software* IRRICAD

Fuente: elaboración propia

Presión, costos de tubería y costos de bombeo

Este método comparará diferentes presiones de la bomba, los diámetros de tubería aplicables y los costos de operación y lo optimizará para proponer el sistema más barato que aún satisfaga los parámetros hidráulicos.

El componente de costo del sistema comprende el costo de capital y los costos operativos.

Costos de capital

- 1) El costo de la bomba. Este valor se establece en la base de datos del nodo.
- 2) Costo de las tuberías. Estos valores se establecen en la base de datos de tubería y definen el coste unitario de cada diámetro.

Costo operacional

Este componente tiene en cuenta el coste de la energía para hacer funcionar la bomba a diferentes niveles de presión.

De esta manera, el *software* plantea una solución técnica y económica dentro de los límites de variación de presión que el usuario asigne. El modelo computacional se compone de bases de datos y ecuaciones hidráulicas como por ejemplo:

- Ecuación de Hazen – Williams.

$$h=10.674*\frac{Q^{1.852}}{C^{1.852}*D^{4.781}}*L...(9)$$

Donde:

- h: Pérdida de carga o energía en m.c.a.
- Q: Caudal en m³/s.
- C: Coeficiente de rugosidad adimensional.
- D: Diámetro interno de la tubería en m.
- L: Longitud de la tubería m.

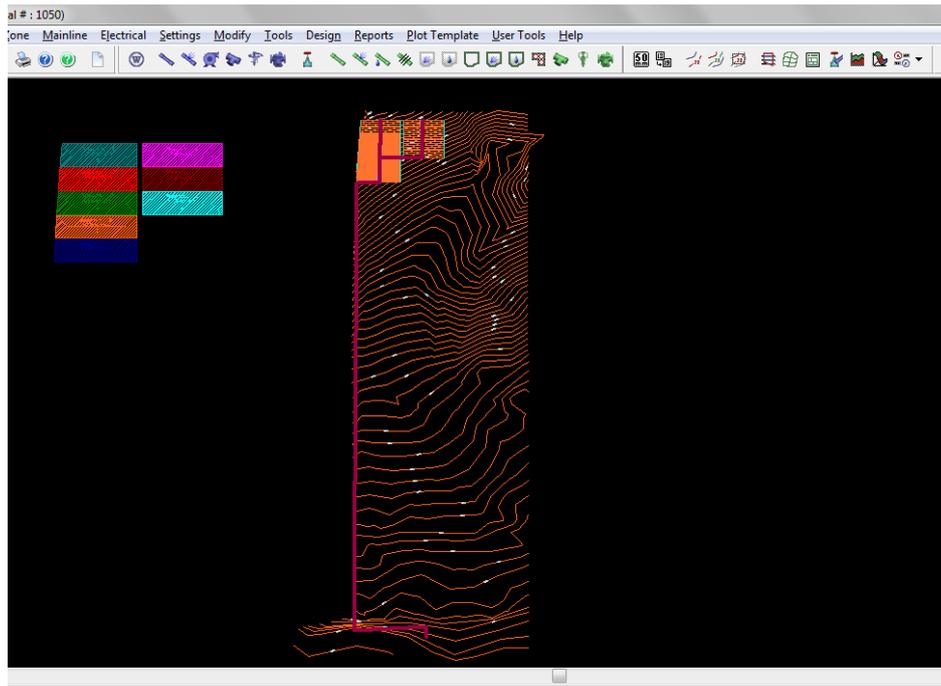


Figura No 11: trazo de tuberías en el *software* IRRICAD

Fuente: elaboración propia

Análisis de presiones en tuberías

El *software* permite visualizar las presiones máximas en la tubería, para poder seleccionar la clase que soporte dichas presiones. En la siguiente imagen podemos observar que la presión está por encima del límite de presión de la tubería.

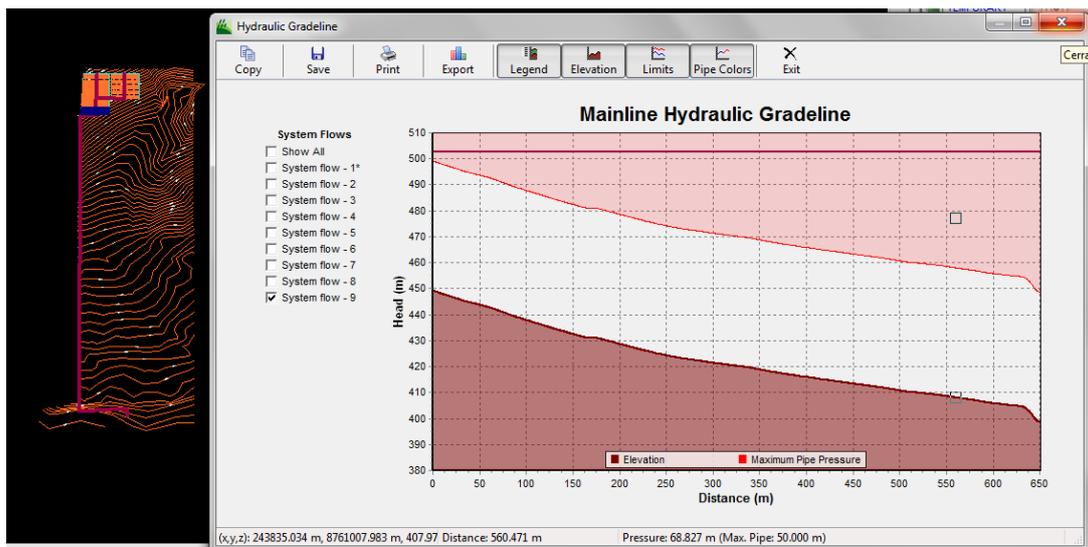


Figura No 12: análisis de presiones en tuberías en el *software* IRRICAD y determinación de las clases.

Fuente: elaboración propia

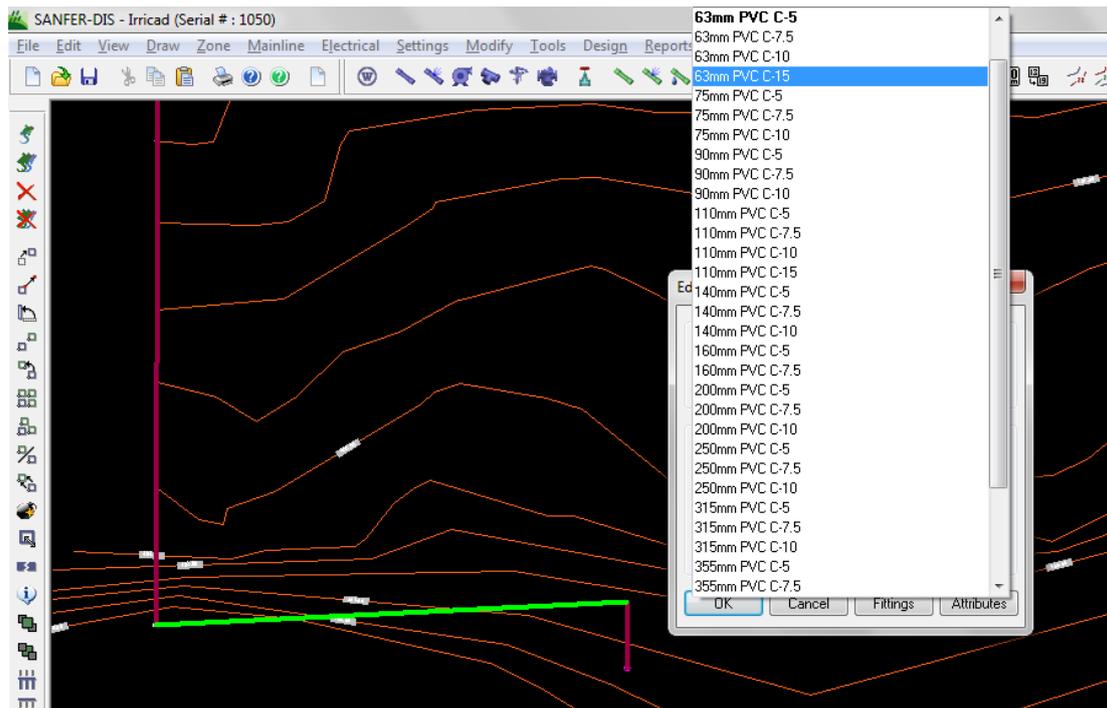


Figura No 13: selección de la clase de tubo capaz de soportar las presiones calculadas en el *software* IRRICAD.

Fuente: elaboración propia

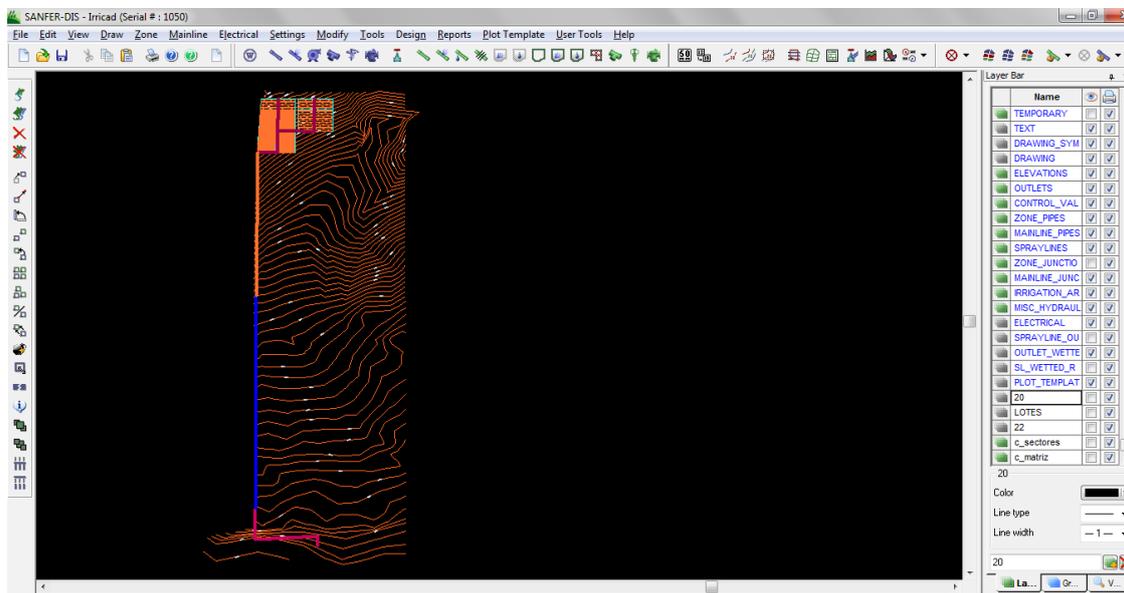


Figura No 14: determinación final de las clases de tuberías en el *software* IRRICAD.

Fuente: Elaboración propia

Calculo del ADT

El *software* muestra un resumen de presión, caudal y pérdidas de carga por turno, como podemos observar la presión requerida es en el sector de la nebulización (2da etapa), Por lo tanto la bomba debe ser seleccionada teniendo en cuenta los requerimientos de presión futuros.

Cuadro No 3: presiones y caudales requeridos en la descarga de la bomba.

TURNOS	Presión	Caudal
	(m)	(m ³ /h)
TURNO 1	78.44	5.23
TURNO 2	79.89	4.94
TURNO 3	82.65	5.05
TURNO 4	84.92	4.94
TURNO 5	81.02	1.86
TURNO 6	77.9	1.95
TURNO 7	75.09	1.95
TURNO 8	72.14	1.95
TURNO 9 (Nebulización)	102.36	0.88

Fuente: elaboración propia

Con estos valores se procede a seleccionar la bomba:

Siendo el modelo elegido la bomba multi etápica modelo Spa Multi 35N-5.5HP que da una presión máxima de 115mca. Para un caudal de 0.13lps, a su vez la bomba debe ser capaz de bombear los caudales más grandes requeridos en la primera etapa de 1.3lps, con una presión requerida de 82mca., para ese caudal la bomba entrega una presión de 100mca, con lo cual estaría sobredimensionada en presión, pero es la que mejor se ajusta a los requerimientos tanto de la primera etapa como la de la etapa futura.

Equipo de impulsión

Pizarro, F. (1996), indica que para el cálculo de la altura dinámica total ADT debemos tener las presiones requeridas en las subunidad de riego incluyendo las pérdidas de carga

por fricción en todos los accesorios de conexión tales como: codos, tees, válvulas hidráulicas, mangueras porta goteros, además de pérdida de carga en la tubería principal, diferencia en topografía, y las pérdidas de carga que se dan en el centro de control, tales como sistema de filtrado, válvulas mariposas, medidores de caudal y la succión de la bomba, con estos datos se calculara el modelo de bomba que cumpla con los requerimientos de presión y caudal del sistema.

Se debe tener en cuenta lo siguiente:

La bomba seleccionada debe ser la de mayor eficiencia, con un NPSHr menor que el NPSHd para evitar problemas de cavitación. Determinada la electrobomba, se ingresa la curva en la base de datos del *software* IRRICAD.

NPSH requerido:

El valor del NSPH representa la energía mínima requerida que debemos garantizar en la succión de la bomba para permitir un funcionamiento sin de cavitación. Este valor lo proporciona el fabricante. Su unidad de medida es en metros de columna agua m.c.a. Depende entre otros factores de la curva presión vs caudal de la bomba, velocidad de rotación del motor y caudal transportado.

NPSH disponible:

Energía disponible sobre la presión de vapor del líquido en la succión de la bomba. Este valor depende de las características de la instalación del equipo de bombeo, de la altura desde el espejo de agua hasta el eje de la bomba, diámetro del tubo de succión y de las pérdidas de carga generadas al transportar el fluido. Se expresa en metros de columna de agua.

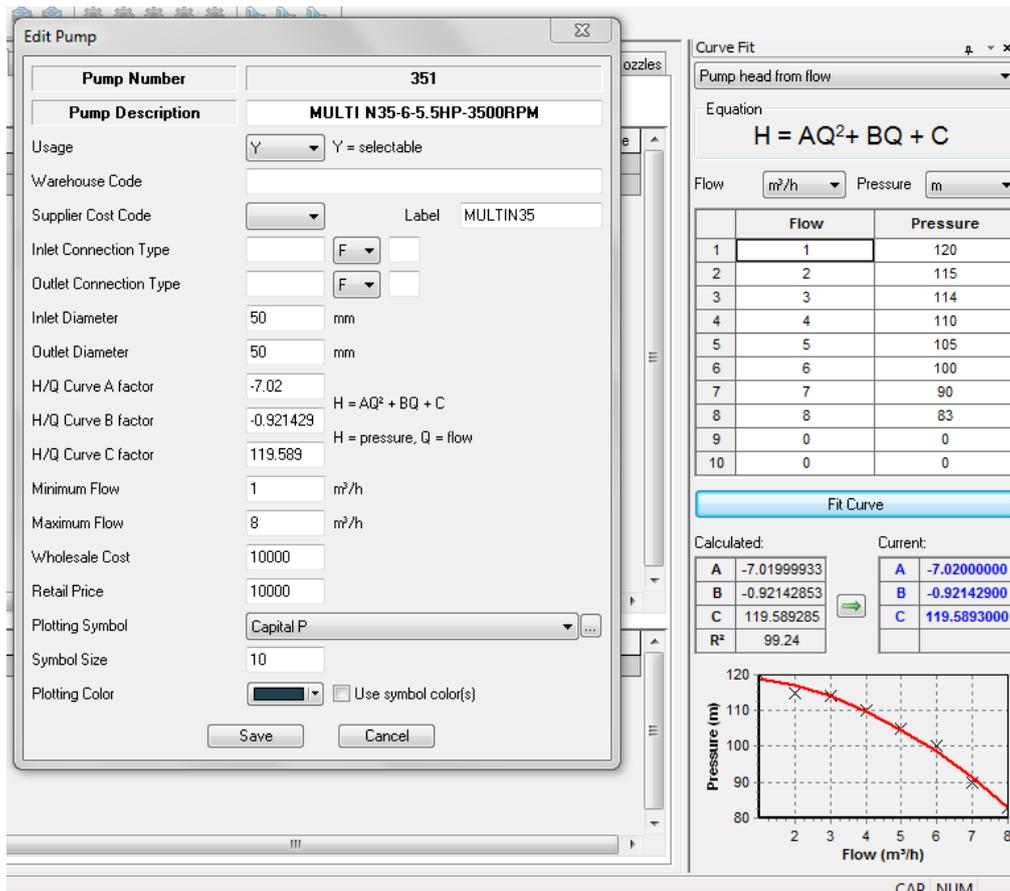


Figura No 15: Ingreso de datos de la curva Presión-Caudal en el software IRRICAD

Fuente: elaboración propia

Simulación de la bomba

Ingresando la curva presión vs caudal en el *software* se tienen los siguientes resultados y considerando una succión negativa de 3m.

Cuadro No 4: presiones y caudales en la bomba.

bomba = MULTI N35-6-5.5HP-3500RPM				
	Succión	Presión de bomba	Presión a salida de la bomba	caudal
	(m)	(m)	(m)	(m³/h)
TURNO 1	-3.45	103.45	100.01	-5.23
TURNO 2	-3.44	105.09	101.65	-4.94
TURNO 3	-3.44	104.51	101.06	-5.05
TURNO 4	-3.44	105.09	101.65	-4.94
TURNO 5	-3.41	117.25	113.84	-1.86

CONTINUA				
TURNO 6	-3.41	117.04	113.63	-1.95
TURNO 7	-3.41	117.04	113.63	-1.95
TURNO 8	-3.41	117.04	113.63	-1.95
TURNO 9	-3.41	118.94	115.54	-0.88

Fuente: elaboración propia

Estimación del golpe de ariete

El fenómeno del golpe de ariete, también denominado transitorio, consiste en la alternancia de depresiones y sobrepresiones debido al movimiento oscilatorio del agua en el interior de la tubería, es decir, básicamente es una variación de presión, y se puede producir tanto en impulsiones como en abastecimientos por gravedad.

El valor de la sobrepresión debe tenerse en cuenta a la hora de dimensionar las tuberías, si el valor de la depresión iguala a la tensión de vapor del líquido se producirá cavitación, y al llegar la fase de sobrepresión estas cavidades de vapor se destruirán bruscamente, pudiendo darse el caso de que el valor de la sobrepresión producida rebase a la de cálculo de la clase de la tubería, con el consiguiente riesgo de rotura.

Por lo tanto, el correcto estudio del golpe de ariete es fundamental en el dimensionamiento de las tuberías, ya que un cálculo erróneo puede conducir a:

1. Un sobredimensionamiento de las conducciones, con lo que la instalación se encarece de forma innecesaria.
2. Riesgo de rotura de la tubería

Datos necesarios

- Diámetro de la tubería matriz en mm, para este caso 63mm clase 15, con un espesor de 4.4mm.
- Longitud de la tubería, para este caso de 900m
- Diferencia de nivel desde el punto más bajo al más alto, que es igual a 40m, según el plano topográfico.

- Pérdidas de carga por fricción en la tubería para el caudal requerido por el sistema de 1.33lps.
- Módulo de elasticidad del material PVC

Cuadro No 5: Módulos de elasticidad para diferentes materiales

Material	ϵ (kg/m ²)
Fundición	17x10 ⁹
Acero	21x10 ⁹
Hormigón	3x10 ⁹
PCV-U	3x10 ⁸

Fuente: Golpe de ariete en impulsiones, Enrique Mendiluce 2015

Frecuencia de propagación de la onda de presión

Como cualquier efecto oscilatorio el fenómeno del golpe de ariete presenta una frecuencia en la que se repite una situación, en este caso la sobrepresión o depresión de la onda que se desplaza de un extremo al otro de la instalación.

Depende de las características físicas de la misma: material y dimensiones. La celeridad se calcula con la siguiente expresión:

$$a(\text{m/s}) = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \cdot \frac{D}{e}}} \dots (10)$$

$$K = \frac{10^{10}}{\epsilon} \dots (11)$$

Donde:

- a: Celeridad de la onda.
- K: Coeficiente de elasticidad del material.
- D: Diámetro de la tubería en mm.
- e: Espesor de la tubería.
- ϵ : Modulo de elasticidad kg/m².

Aplicando:

$$K = \frac{10^{10}}{3 \cdot 10^8} = 33.333$$

$$a \left(\frac{m}{s} \right) = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 33.3 \cdot \frac{63}{4.4}}} = 446.2$$

Tiempo de parada del agua

Es el tiempo que dura la variación de velocidad, es decir, el que transcurre desde el corte de energía y la anulación del caudal o el tiempo de parada del agua.

$$T = c + \frac{k \cdot L \cdot V}{g \cdot H_m} \dots (12)$$

Donde:

- T: Tiempo de parada.
- C, K: Coeficientes de ajuste según gráficos.
- L: Longitud de la tubería en m.
- V: Velocidad del fluido en m/s.
- g: Aceleración de la gravedad.
- H_m: Altura manométrica del sistema en m.

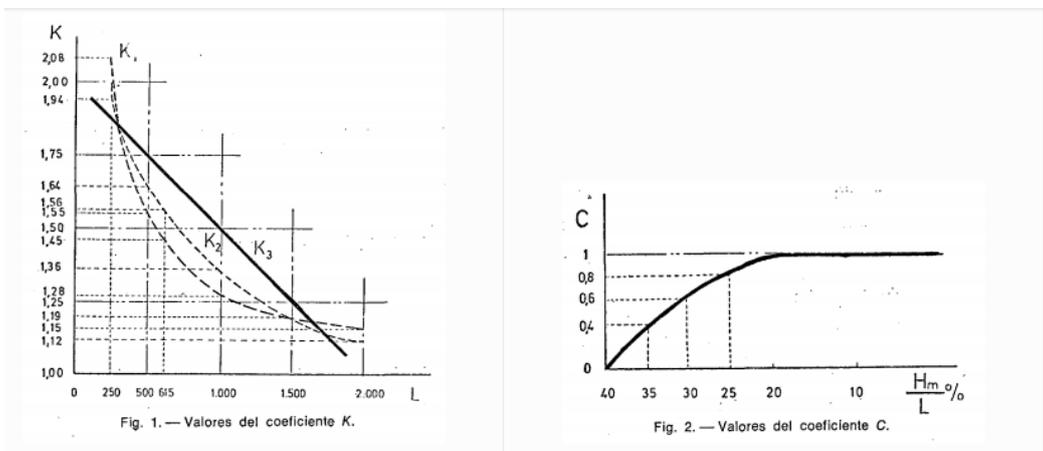


Figura No 16: valores de los coeficientes C,K

Fuente: Golpe de ariete en impulsiones, Enrique Mendiluce 2015

El coeficiente K representa la inercia del equipo de bombeo, en función de la cinética del agua, en el instante del corte de energía.

El coeficiente C supe el efecto de otras energías en el cálculo (como la de descompresión del agua, por ejemplo) y que influyen en instalaciones de pendientes bajas. En función de la pendiente hidráulica de la instalación, se recomiendan los siguientes valores.

Para efectos prácticos se puede utilizar los siguientes valores.

Cuadro No 6: Valores del coeficiente K

L(m)	K
<500	2
50<L<1500	1.5
>1500	1

Fuente: Golpe de ariete en impulsiones, Enrique Mendiluce 2015

Cuadro No 7: Valores del coeficiente C

i	C
<20%	1
=25%	0.8
=30%	0.6
=40%	0.4
>50%	0

Fuente: Golpe de ariete en impulsiones, Enrique Mendiluce 2015

La longitud crítica de la instalación

Es la relación con la velocidad de propagación de la onda y el tiempo de parada del agua, puede determinarse una tercera característica de la instalación: su longitud crítica.

$$L_c = \frac{a \cdot T}{2} \dots (13)$$

Donde:

-Lc: Longitud critica de instalación en m.

-a: Celeridad de la onda en m/s.

-T: Tiempo de parada del agua en segundos.

Tiempos de parada o cierre lento

Esto significa que el tiempo de parada del agua es mayor que la frecuencia (o periodo) de propagación de la onda, o que la longitud de la instalación es menor que la longitud crítica.

La fórmula que se aplica para calcular el golpe de ariete y obtener el incremento de presión producido es la propuesta por Michaud:

$$\text{si } L < L_c (\text{impulsión corta}) \rightarrow T > \frac{2 \cdot L}{a} \rightarrow \text{Michaud } \Delta H = \frac{2 \cdot l \cdot V}{g \cdot T} \dots (14)$$

La presión máxima se dará única y exclusivamente en el ámbito del elemento que ha generado el golpe de ariete (en este caso podría darse en la válvula principal), y en ningún punto más de toda la longitud de la instalación se dará esa presión máxima.

Tiempos de parada o cierre rápido

En aquellas en las que el tiempo de parada del agua es menor que el periodo de propagación de la onda, o que su longitud es mayor que la longitud crítica. En esta circunstancia aplicará la fórmula de Allievi para determinar el incremento de presión:

$$\text{si } L > L_c (\text{impulsión larga}) \rightarrow T < \frac{2 \cdot L}{a} \rightarrow \text{Allievi } \Delta H = \frac{a \cdot V}{g} \dots (15)$$

Cuadro No 8: resultados del cálculo de golpe de ariete

Parámetros	Valores
D _{ext} (Mm)	63
Espesor (Mm)	4.4
ε	300000000
Longitud (M)	900
K	33.33
Variación De Cota (M)	40
Perdidas De Carga Por Fricción (M)	7
Caudal (Lps)	1.3

CONTINUA	
Velocidad (M/S)	0.56
I %	5.44
Celeridad (M/S)	446.2
T (S)	2.6
Longitud Critica (M)	576.2
Tipo De Cierre	Rápido
Instalación Tipo	Larga
Ecuación A Emplear	Allievi
Golpe De Ariete (m.c.a.)	25.6
Presión Dinámica Del Sistema (m.c.a)	110
Presión Total (m.c.a.)	135.6

Fuente: elaboración propia

Para este caso teniendo en cuenta las presiones dinámicas según la curva la bomba más las sobrepresiones generadas por un cierre rápido que podría ser el apagado de la bomba, se produciría una presión total de 135.6mca, con lo cual se opta por usar una tubería de clase 15 en vez de una de clase 12.5.

4.4 DESCRIPCION DEL SISTEMA

4.4.1 FUENTE DE AGUA

La fuente de agua considerada proviene de un reservorio de concreto existente con las siguientes características:

- Volumen: 100 m³
- Profundidad: 3.0 metros (2.5m útiles y 0.5m de borde libre)
- Talud: 1/1
- Cota del reservorio: 400.0 msnm



Imagen No 17: caseta de riego y reservorio existente

Fuente: fuente elaboración propia

4.4.2 CABEZAL DE RIEGO

EQUIPO DE IMPULSION

El equipo cuenta con una bomba multi etápica con tablero de arranque estrella triangulo de 5.5HP.

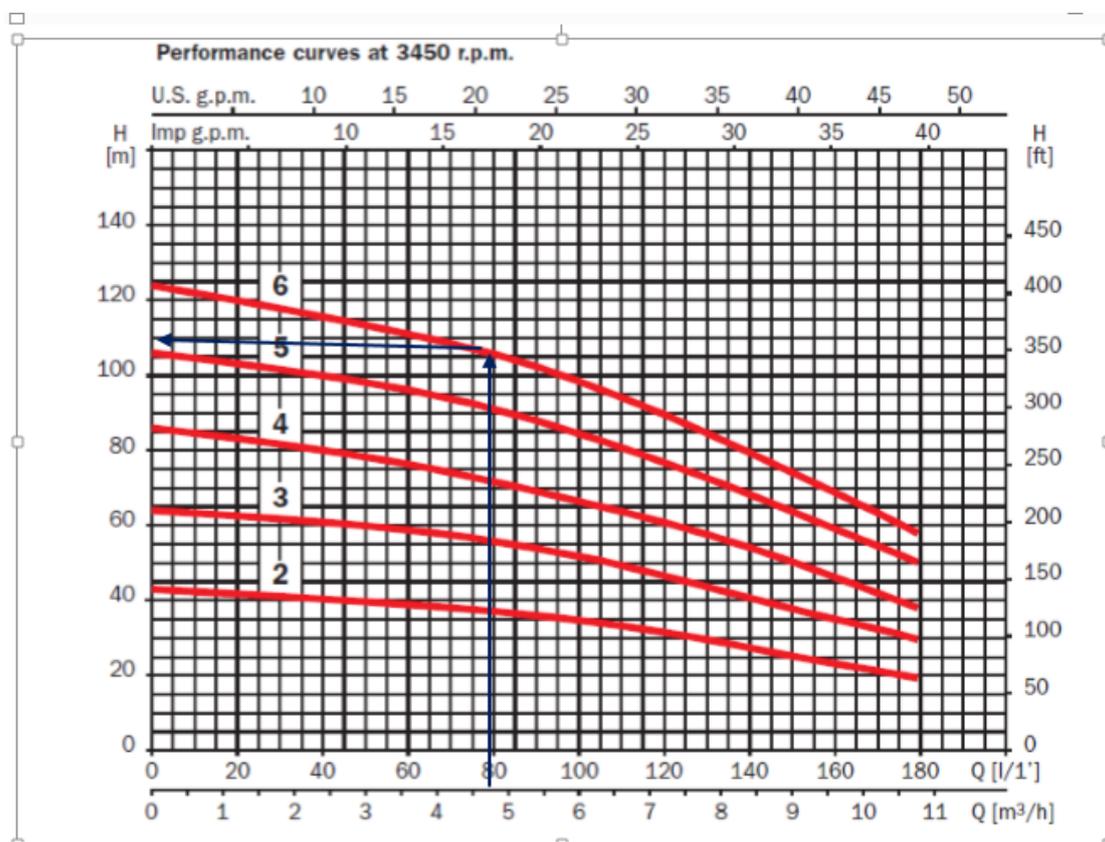


Imagen No 18: Curva presión vs caudal

Fuente: fuente elaboración propia

Cuadro No 9: Curva presión vs caudal

Multi 35N - 6 - 5.5HP		
presión	Caudal	caudal
mca	m3/h	l/s
121	0	0
120	1	3.6
117	2	7.2
114	3	10.8
110	4	14.4

CONTINUA		
105	5	18
97	6	21.6
90	7	25.2
82	8	28.8

Fuente: fuente elaboración propia

Además de un generador eléctrico GEN PACK de 15KW petrolero. Para la primera etapa, en la segunda etapa se tendrá un punto de energía eléctrica en la caseta de riego.



Imagen No 19: caseta de riego existente

Fuente: fuente elaboración propia

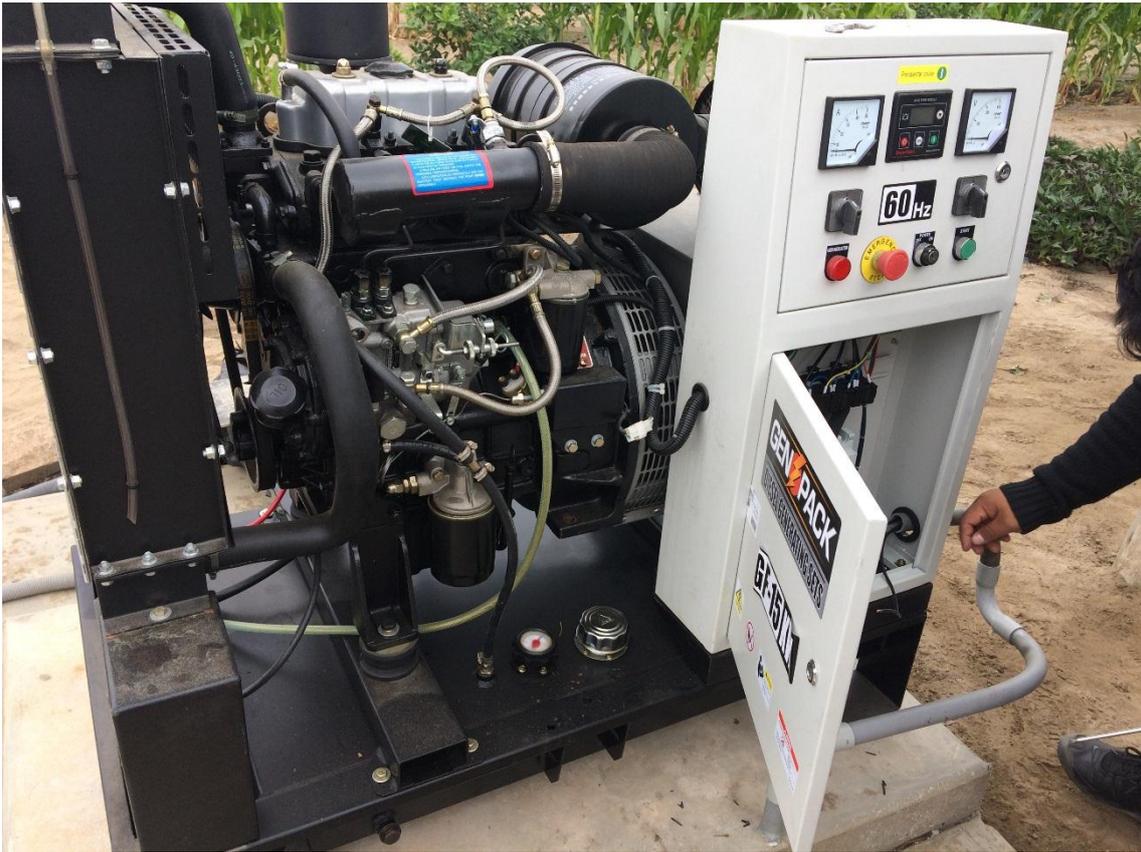


Imagen No 20: Equipo generador GENPACK – 15KW

Fuente: fuente elaboración propia



Imagen No 21: tablero de arranque directo de 5.5HP

Fuente: fuente elaboración propia

FERTILIZACION

El equipo de fertilización, tiene un tanque de 600 lts, con inyector venturi Mazzei de 1" para la inyección de 120 lph, La preparación de la solución fertilizante se hace en tanque, con agitación manual para conseguir la dilución de los componentes básicos (Urea, Nitrato, etc.).



Imagen No 22: cabezal de fertilización ubicado a 40m por encima del cabezal de bombeo.

Fuente: fuente elaboración propia

FILTROS

Para el filtrado se ha considerado un filtro de mallas con operación manual para las condiciones de agua normales con un contenido de sólidos en suspensión menor a 50 ppm., con limpieza manual con juego de válvulas de compuerta de bronce para permitir realizar el retro lavado sin interrumpir el riego. El equipo de filtrado es necesario para evitar el taponamiento de los emisores.

El sistema de filtrado está compuesto por dos filtros de anillos de bajo caudal marca Azud de 1 1/2". Con un caudal máximo de 3.3lps con grado de filtración de 120mesh o 130micras.

Estos filtros son de limpieza manual, se ha optado por la colocación de 2 filtros en batería y un juego de válvulas para invertir el flujo de agua en cada filtro, de esta manera se podrá hacer la limpieza sin interrumpir el riego.



Imagen No 23: filtros de anillos de 1 1/2".

Fuente: fuente elaboración propia

4.4.3 RED DE TUBERIAS DE PVC

Está compuesta por el conjunto de tuberías (matrices y porta regantes). A través de la cual el agua es impulsada desde la fuente de abastecimiento hasta las porta regantes.

Podemos clasificarlas en dos:

- a) Matriz, consideradas desde el cabezal de riego hasta las válvulas hidráulicas en cada sector de riego y
- b) Porta regantes que van desde las válvulas hidráulicas hasta las líneas de riego.

Para el dimensionamiento hidráulico de la red de tuberías se usó el programa IRRICAD. Un *software* que permite el cálculo de diámetros de tuberías así como las clases. También para el caso de los sectores de riego, especialmente para las porta regantes el programa determina los respectivos diámetros buscando la mayor uniformidad de caudal en los emisores de cada bloque, mediante equilibrios en la presión.

4.4.4 VALVULAS

VÁLVULAS HIDRAULICAS

El sistema de riego es controlado por válvulas hidráulicas de 1" Marca Dorot – Israel instaladas en cada sector de riego.

El arco de riego está conformada por una válvula de compuerta de bronce de 1" aguas arriba de la válvula hidráulica, para permitir regular la presión en el sector de riego en esta primera etapa.

La operación de las válvulas es en forma manual en esta primera etapa



Imagen No 24: arcos de riego con válvulas hidráulicas de 1”

Fuente: fuente elaboración propia

VÁLVULAS DE AIRE

Las válvulas de aire son de 1” de la marca VYR de España de doble efecto, están distribuidas a lo largo de la red de tuberías, las cuales permitirán la salida de aire cuando el sistema esté en funcionamiento y además de su ingreso cuando se produzcan presiones negativas en la red. Se tienen instaladas en el campo 7 unidades.

4.4.5 LINEAS DE RIEGO Y EMISORES

LINEAS DE RIEGO

Conformada por laterales de polietileno de baja densidad tendidos a lo largo de cada hilera de plantación. Estos se conectan a las porta regantes de PVC mediante conectores iniciales, los cuales sellan perfectamente, evitando fugas y desconexiones posteriores.

Los laterales para la zona de goteo son mangueras planas de 16mm

EMISORES

El proyecto contempla goteros auto compensado de pastilla y cilíndricos, fabricado por Naandanjain y Eurodrip insertados en los laterales.

El cultivo de cítrico tendrá emisores de 1.6l/h cada 0.4m mientras que el cultivo de Maíz tendrá emisores de 1.2l/h cada 0.30m.

El vivero en la etapa futura tendrá emisores Fogger de la marca Senninger con un caudal de 7 l/h por boquilla, cada nebulizador cuenta con 4 boquillas en cruz, haciendo un total de 28 l/h. cada emisor requiere una presión de trabajo de 4.0 Bar.



Imagen No 25: arranques de manguera de 16mm

Fuente: fuente elaboración propia

4.4.6 OTROS COMPONENTES

- TERMINALES DE RIEGO

Son del tipo 8, y del tipo tapón de cinta, cuya función es impedir la salida del agua por los extremos de cada uno de los laterales. Además sirven de manera práctica para hacer limpieza en los laterales.

- MANÓMETROS

Dispositivo cuya función es mostrar la presión del agua en el punto en el cual están instalados, La lectura de la presión puede ser en psi, bar ó kg/cm^2 . Un psi equivale a aproximadamente a 0,7 m, un bar a aproximadamente 10 m y un kg/cm^2 es igual a 10 m.

Cuadro No 10: RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE RIEGO

Cultivo	
Anuales	Esparrago
Perennes	cítricos
Área	
Cultivo Anual	0.110 ha
Cultivo Perenne	0.110 ha
Nebulización(II etapa)	0.015 ha
Área total	0.235 ha
Distancia entre hileras	
Anuales	1.5 x 0.2m
Perennes	5 x 3m
Nebulización	3 x 2m
Número de líneas riego por hilera de plantas	
Anuales	2 Líneas
Perennes	2 Líneas
Nebulización	1 Línea
Emisor	
Anuales	16.25mil 1.0lph@0.30

CONTINUA	
Perennes	16.25mil 1.6lph@0.40
Nebulización	Nebuliz. Fogger 7lph

Fuente: elaboración propia

Cuadro No 11: EQUIPO DE BOMBEO

EQUIPO	DESCRIPCION
NUMERO DE BOMBAS	1
MARCA	SPA
TIPO	Multi etapica
MODELO	MULTI N 35
POTENCIA NOMINAL (HP)	5.5
VELOCIDAD DE GIRO (RPM)	3450
MATERIAL	Acero inoxidable
VOLTAJE (V)	440
GENERADOR ELECTRICO	15KW

Fuente: elaboración propia

Presupuesto del sistema

A continuación se muestra la relación de materiales y costos del proyecto:

Cuadro No 12: Relación de materiales y costos

DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	P. UNIT.	SUB. TOTAL	P. TOTAL
EMISORES DE RIEGO					
GOTEO					2 021.00
Manguera PC 1.0lph@0.30cm rll 1200m	rll	2.00	640.00	1 280.00	
Manguera PC 16.25mil 1.6lph@0.40 rll 500m	rll	1.00	440.00	440.00	
manguera ciega de 16 mm C-4 rll 100m	mts.	200.00	0.62	124.00	
Unión manguera-Manguera de 16 mm	und	100.00	0.60	60.00	
Conectores iniciales de 16 mm C/empaque	und	100.00	0.62	62.00	
final de línea de 16 mm PE tipo "8"	und	100.00	0.55	55.00	
NEBULIZACION					548.85
NEBULIZADOR FOGGER, CRUZ 4 SALIDAS, BOQUI. AZUL, 7 LPH	und	25.00	9.00	225.00	
MICROTUBO SUSPENDIDO 30 CM CONEC. RAPIDA + CONEC. DENT. 4/7 + ESTABILIZADOR	und	25.00	3.00	75.00	
Check para Nebulizador Anti Gotas color Negro	und	25.00	3.00	75.00	
manguera ciega de 16 mm C-10 rll 100m	mts.	200.00	0.75	150.00	
Unión manguera-Manguera de 16 mm	und	5.00	0.60	3.00	
Conectores iniciales de 16 mm C/empaque	und	5.00	0.62	3.10	
final de línea de 16 mm PE tipo "8"	und	5.00	0.55	2.75	
Válvula Ramal de 16 mm	und	5.00	3.00	15.00	
ARCOS DE RIEGO 1"					2 591.10
Válvula Hidráulica reguladora de presión de 1" PE	und	9.00	220.00	1 980.00	
Válvula de Aire de 1/2" simple efecto	und	9.00	18.00	162.00	
Bushing de 1" x 1/2" PE	und	9.00	3.00	27.00	
Tubo de PVC Ø 1" C-10 long - 5 mts	und	4.50	13.00	58.50	
Codo PVC R/H 1"	und	9.00	1.60	14.40	
Niple PE R/M 1"	und	36.00	1.80	64.80	
Union Universal PVC R/H 1"	und	18.00	6.00	108.00	
Tee PVC R/H 1"	und	9.00	1.60	14.40	
Punto toma de presión de 1/4" PE	und	9.00	18.00	162.00	
TUBERIA PORTALINEA					123.40
Tubo de PVC Ø 1" C-10 long - 5 mts	und	9.00	13.00	117.00	
Codo PVC de 1" x 90° S/P	und	4.00	1.60	6.40	
PURGA PORTALINEA					138.90
Codo PVC de 1" x 90° S/P	und	9.00	1.60	14.40	
Tubo de PVC Ø 1" C-10 long - 5 mts	und	4.50	13.00	58.50	
UPR PVC de 1"	und	8.00	6.00	48.00	
Tapón de PVC de 1"	und	9.00	2.00	18.00	
TUBERIA PRINCIPAL					5 554.00
Tubo de PVC 1 1/2" C-15 long - 5 mts	und	116.00	35.00	4 060.00	
Tubo de PVC 1 1/2" C-10 long - 5 mts	und	57.00	18.00	1 026.00	
Tubo de PVC 1 1/2" C-7.5 long - 5 mts	und	28.00	15.00	420.00	
Codo PVC 1 1/2" SP C/15 Atm	und	8.00	6.00	48.00	

CONTINUA					
Válvula de aire 1" Doble efecto / c salida y válvula En línea					776.00
Válvula de aire de 1" doble efecto VYR	und	6.00	100.00	600.00	
Válvula de Bola PVC 1" R/H	und	6.00	7.00	42.00	
TEE PVC 1 1/2" SP INY PLASTICA	und	6.00	6.00	36.00	
Reducción 1 1/2" x 1"	und	6.00	4.00	24.00	
UPR PVC de 1"	und	8.00	6.00	48.00	
Tubo de PVC Ø 1" C-10 long - 5 mts	und	2.00	13.00	26.00	
SISTEMA DE FILTRADO C/ OP.MANUAL					312.00
Filtro anillo 1" Azud	und	2.00	30.00	60.00	
Valvula PVC Bola 1" R/H	und	4.00	7.00	28.00	
Unión Universal PVC 1"	und	4.00	6.00	24.00	
Accesorios de conexión	gl	1.00	200.00	200.00	
SISTEMA DE BOMBEO					20 850.00
Generador eléctrico Diésel 10kw	und	1.00	13 600.00	13 600.00	
Bomba Multi Etapica multi 30 ESPA 4.1 HP	und	1.00	3 800.00	3 800.00	
Tablero Elec. Arranque directo 4.1HP 220v Trifásico 60Hz	und	1.00	2 150.00	2 150.00	
Accesorios de succión y descarga	gbl	1.00	600.00	600.00	
Materiales de conexión eléctrica	und	1.00	700.00	700.00	
SISTEMA DE FERTILIZACION					1 186.00
Collarín de 50 mm x 1" PE	und	1.00	6.00	6.00	
Inyector Ventury de 1"	und	1.00	140.00	140.00	
Válvula Check Anti retorno de 1" Oblicuo	und	1.00	50.00	50.00	
Válvula Plasson de 1" Oblicua PE	und	1.00	40.00	40.00	
Tanque Rotoplast de 250 lts	und	1.00	350.00	350.00	
Accesorios de conexión	und	1.00	600.00	600.00	
ACCESORIOS DEL CABEZAL					2 139.80
Válvula de pie mas canastilla 1 1/2"	und	1.00	90.00	90.00	
Válvula check SWIN PVC horizontal de 1 1/2" SANKING	und	1.00	120.00	120.00	
Válvula Compuerta de 1 1/2" bronce pesada	und	5.00	90.00	450.00	
Válvula Compuerta de 1" bronce pesada	und	2.00	60.00	120.00	
Válvula de aire de 1" doble efecto VYR	und	1.00	100.00	100.00	
Codo de 1 1/2" x 90° SP PVC	und	2.00	6.00	12.00	
Codo de 1 1/2" x 45° SP PVC	und	8.00	5.00	40.00	
Codo de 1 1/2" x 90° C/R F°G°	und	1.00	6.00	6.00	
Union Universal 1 1/2" PVC C/R	und	3.00	9.00	27.00	
Union Universal 1 1/2" Fierro C/R	und	2.00	15.00	30.00	
Niple 1 1/2" x 2" PE C/R	und	1.00	5.00	5.00	
Niple 1 1/2" x 3" F°G° C/R	und	6.00	6.00	36.00	
Niple 1 1/2" x 3" PE C/R	und	5.00	2.50	12.50	
Niple 1 1/4" x 2" F°G° C/R	und	1.00	5.00	5.00	
Niple 1" x 2" PE C/R	und	2.00	5.50	11.00	
Bushing de 1 1/2" x 1 1/4" F°G°	und	1.00	3.50	3.50	
Bushing de 1 1/2" x 1" F°G°	und	1.00	3.00	3.00	
Bushing de 1 1/2" x 1" PE	und	6.00	6.50	39.00	
Bushing de 1" x 1/2" F°G°	und	1.00	6.00	6.00	
Bushing de 1/2" x 1/4" F°G°	und	3.00	5.00	15.00	

CONTINUA					
Collarín de 50 mm x 1/2"	und	2.00	5.00	10.00	
Collarín de 50 mm x 1"	und	2.00	6.00	12.00	
ADAPTADOR UPR PVC 1 1/2" INY	und	11.00	0.50	5.50	
ADAPTADOR UPR PVC 1" INY	und	2.00	6.00	12.00	
TEE PVC 1 1/2" SP INY PLASTICA	und	2.00	6.00	12.00	
TEE PVC 1 1/2" C/R F°G°	und	1.00	8.50	8.50	
TEE PVC 1 1/2" C/R PVC	und	2.00	5.80	11.60	
CODO PVC 1 1/2" SP X 45° INY	und	2.00	4.60	9.20	
Contador Volumétrico de 1 1/2" Domiciliario	und	1.00	742.00	742.00	
Tubo de PVC 1 1/2" C-10 longitud - 5 mts	und	2.00	18.00	36.00	
Manómetros 0-10 bar	und	2.00	50.00	100.00	
Manómetros 0-16 bar	und	1.00	50.00	50.00	
Obras civil					520.00
Dados de concreto de 40 cm x 40 cm x 30cm	und	4.00	130.00	520.00	
OTROS ACCESORIOS					231.00
Pegamento OATEY NEGRO	Gln.	1.00	140.00	140.00	
Cinta Teflon	und	30.00	1.50	45.00	
Lija	und	2.00	2.00	4.00	
Hoja de sierra	und	2.00	6.00	12.00	
Sellador de Empaquetadura	und	2.00	15.00	30.00	
INSTALACION					4 500.00
Instalación en el lugar del proyecto	Glb.	1.00	4 500.00	4 500.00	
TOTAL EN NUEVOS SOLES INCLUYE IGV 18 POR CIENTO				41 492.05	41 492.05

Fuente: elaboración propia

El monto total asciende a cuarenta y un mil cuatrocientos noventa y dos con 5/100 soles.

V. DISCUSIONES

- El cálculo de la ETO se obvia en el diseño en este caso, ya que el proyecto fue concebido bajo la experiencia del asesor de riego de la empresa, respecto de los cultivos, teniendo como base una lámina máxima diaria de 5mm/día.
- Para la determinación de la tubería matriz se podría realizar con tubería de 1 1/2" para tener velocidades 1.1m/s lo cual es aceptable, pero generaría una sobrepresión de 50mca en el cálculo del golpe de ariete sumándole la presión dinámica del sistema de 110mca, se tendría una presión total de 160mca, superando la presión de una tubería de clase 15. para asegurar el correcto funcionamiento del sistema se optó por usar tubería de 63mm clase 15, con una velocidad de 0.6m/s, superior a la velocidad mínima en el diseño de tuberías de 0.5m/s, para evitar posible sedimentación de partículas.

VI. CONCLUSIONES

- El proyecto en términos de requerimientos de presión, ha sido dimensionado para satisfacer las demandas de presión de la segunda etapa con los nebulizadores fogger que requieren 4.0bar o 40mca para su funcionamiento. Con lo cual la primera etapa estaría con presión extra, esta sobrepresión se controlara con cierto estrangulamiento de la válvula principal y de las válvulas de bola en los arcos de riego.
- En términos de requerimientos de caudal, ha sido dimensionado para la primera etapa, es decir para la zona de goteo, que es la que mayor de caudal requiere.
- Se obtiene un valor de 26mca para el golpe de ariete, usando tubería de 63mm clase 15. Teniéndose una presión máxima en el sistema de 126mca.

VII. RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones son del tipo preventivas en la operación del sistema.

- Colocar boya de activación de bomba. Cuando el sistema este automatizado, muchos clientes apelan a que el encargado de riego es el que debe verificar el nivel en reservorio, si esta en nivel mínimo, no debería encender la bomba, esto es aceptable en la medida en que el equipo de riego tenga operación manual, en la segunda etapa cuando se automatice, será necesario adicionar dicho componente de prevención.
- Sistema de prevención de golpe de ariete, no considerados en esta primera etapa, ya que se estima que el generador eléctrico siempre tendrá combustible y no habrán fallas eléctricas / cortes de energía. sin embargo se ha tenido las previsiones del caso en la clase de la tubería que deberá ser superior a las sobrepresiones generadas por el golpe de ariete.
- Debido a que la caseta de bombeo y la caseta de fertilización/filtración están separadas 780m, se recomienda tener un sistema de control eléctrico on/off para encender o apagar el equipo de bombeo desde la caseta de fertilización, ya que puede presentarse alguna rotura de tubería por labores con maquinaria, fugas en accesorios etc. Y de esta manera frente a estos casos, no generar inundaciones en la zona de cultivos.
- Por temas de mantenimiento de reservorio se recomienda colocar una succión flotante, para evitar la succión de lodos en el fondo de reservorio, el cliente solicito la instalación de una succión fija, asumiendo la responsabilidad de dar correcto manteamiento al reservorio, en caso no se dé, la bomba podría succión material sólido y generar daños en el impulsor de la bomba. Además generar sedimentación en la tubería de conducción, y tener que lavar frecuentemente los filtros, ya que estos se ensuciarían en menor tiempo.
- La evaluación del coeficiente de uniformidad debe ser efectuada una vez por año o previo al inicio de una campaña. El cual debe ser determinado por personal capacitado y experimentado con los equipos de medición apropiados. Ya que los goteros auto compensados sufren desgaste por el uso de fertilizantes, y tienden con el tiempo a dar más caudal con las mismas presiones.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

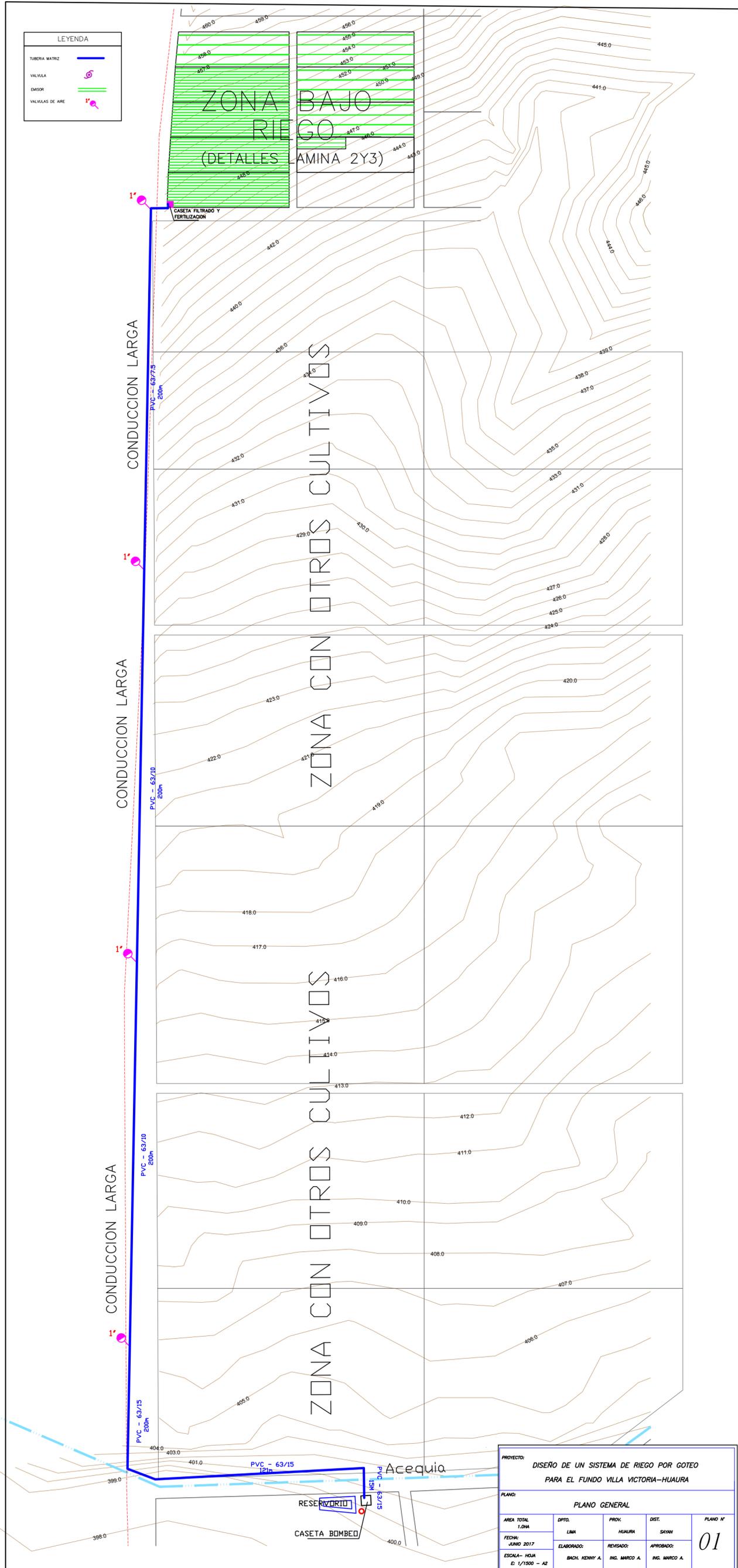
- AEI, 1993. IRRICAD, user manual. Agricultural Engineering Institute, Lincoln University. Ed. rev. Canterbury, NZ.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT).1994. Irrigation – energy planning and management in developing countries. 5 ed. New York, US. FAO. 27 – 41 p.
- IFAPA (Instituto de investigación y formación agraria y pesquera). 2000. Protocolo para mantenimiento y evaluación de sistemas de riego por goteo. Ed. rev. Andalucía, ES. s.e. 80 – 105 p.
- Instituto Geográfico Nacional, 2010. Atlas de mapas de Perú.
- Mármol, J. 1993. Limpieza y mantenimiento de las instalaciones de riego por goteo. Ed. rev. Madrid, ES. Mundi-prensa. 42 p.
- Mendiluce, E. 2015 Golpe de ariete en impulsiones. Ed. Rev. Madrid ES. Librería Técnica Bellisco. 150 p
- Pizarro, F. 1996. Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF). Ed. rev. Madrid, ES. Mundi Prensa. p.70,159-162
- Plan estratégico institucional - Sayan – 20011-2014. p 9-13,45,56
- Razuri, L. 1975. Estudios del coeficiente de uniformidad y la eficiencia de aplicación de agua en el sistema de riego de agua. Ed. rev. Mérida, VE. s.e. 120p.
- Seminario internacional de riego y fertilización Chiclayo 23 y 24 junio 2011. P 1-27
- UNALM (Universidad Nacional Agraria La Molina, departamento de suelos, PE). 1982. Planificación de los Sistemas Agrícolas de riego. 2 ed. Lima, PE. P 30-40
- Vasquez, V.A. y L.Chang-Navarro,L. (1992). El Riego, principios básicos. P 103-160

IX. ANEXOS

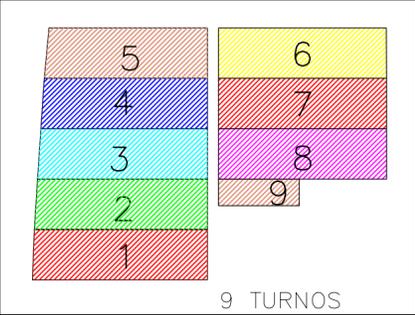
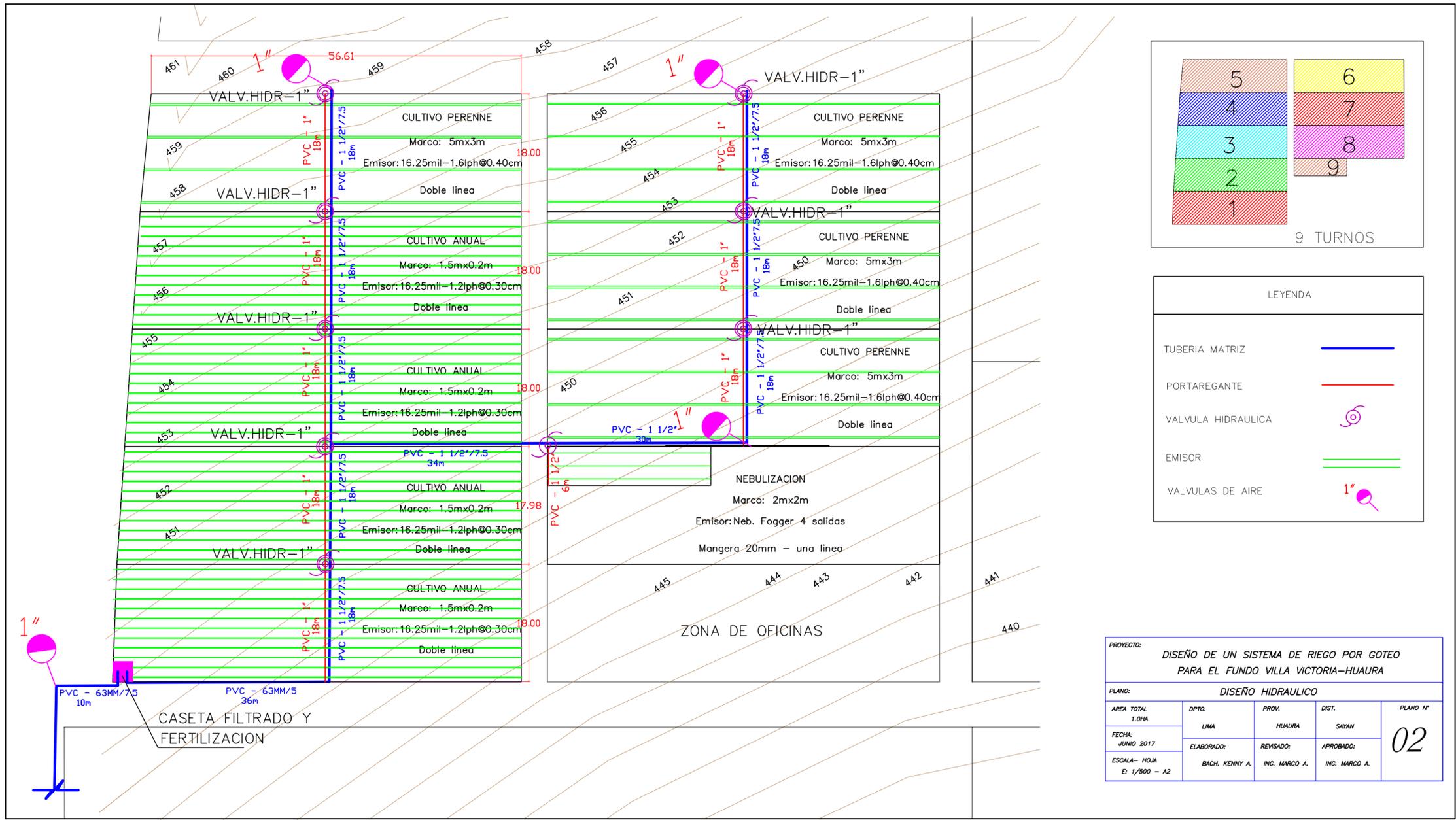
9.1 anexo I

9.1.1 Planos de diseño

LEYENDA	
TUBERIA MATRIZ	
VALVULA	
EMISOR	
VALVULAS DE AIRE	



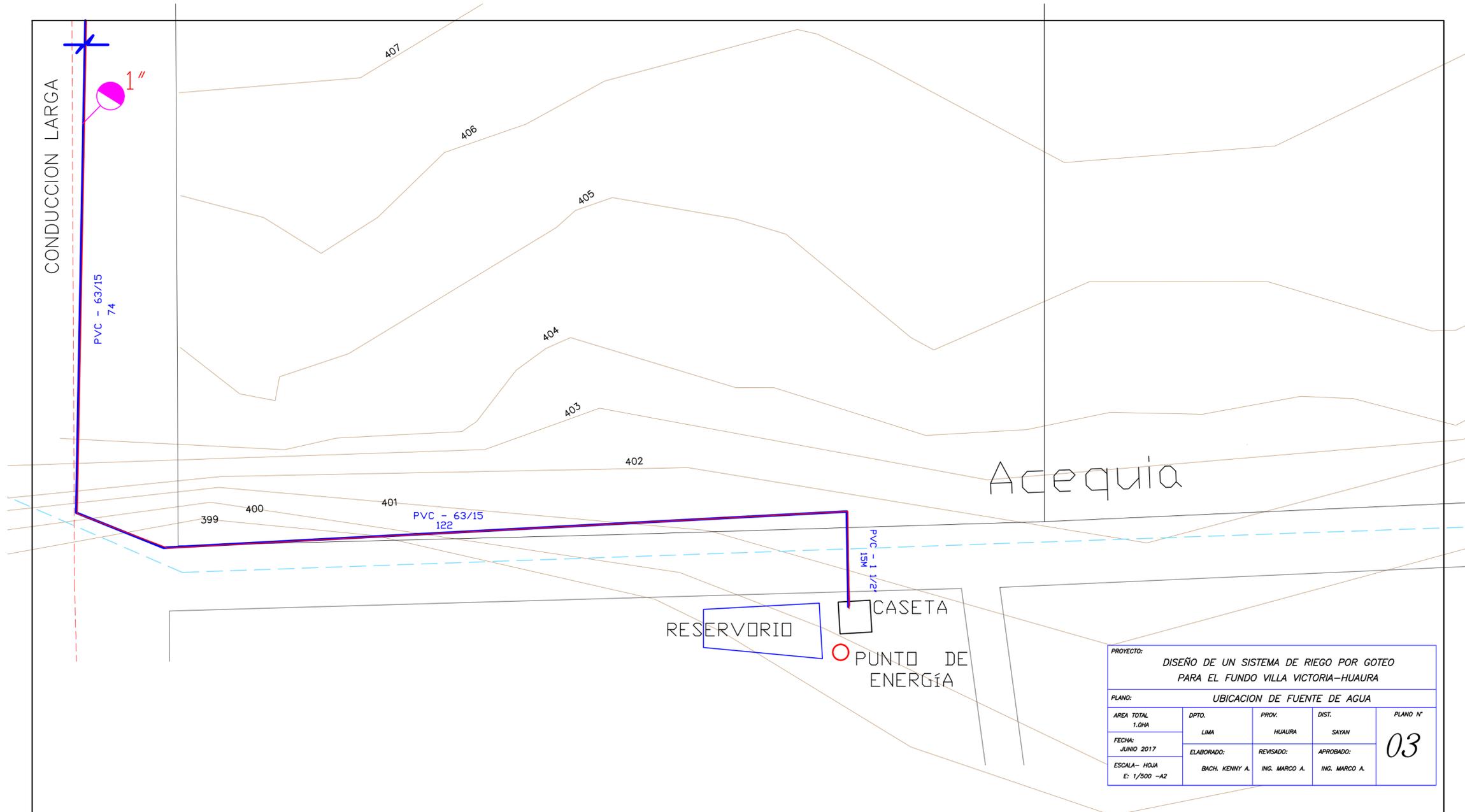
PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA EL FUNDO VILLA VICTORIA-HUAURA				
PLANO: PLANO GENERAL				
AREA TOTAL 1.0HA	DPTO. LIMA	PROV. HUAURA	DIST. SAYAN	PLANO N° 01
FECHA: JUNIO 2017	ELABORADO: BACH. KENNY A.	REVISADO: ING. MARCO A.	APROBADO: ING. MARCO A.	
ESCALA- HOJA E: 1/1500 - A2				



LEYENDA

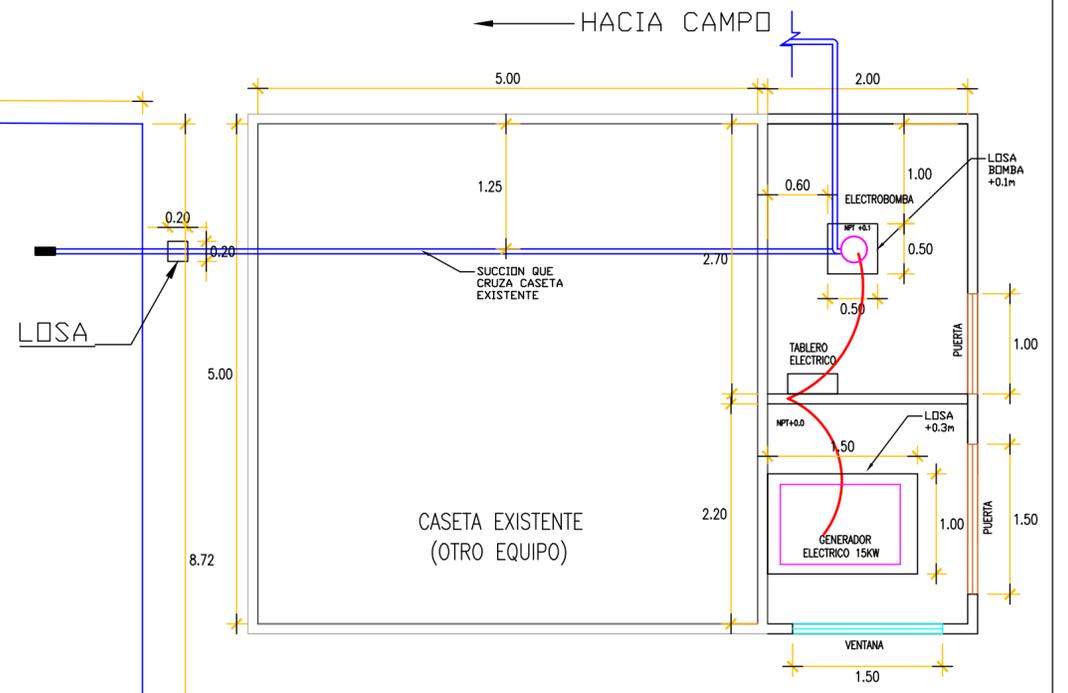
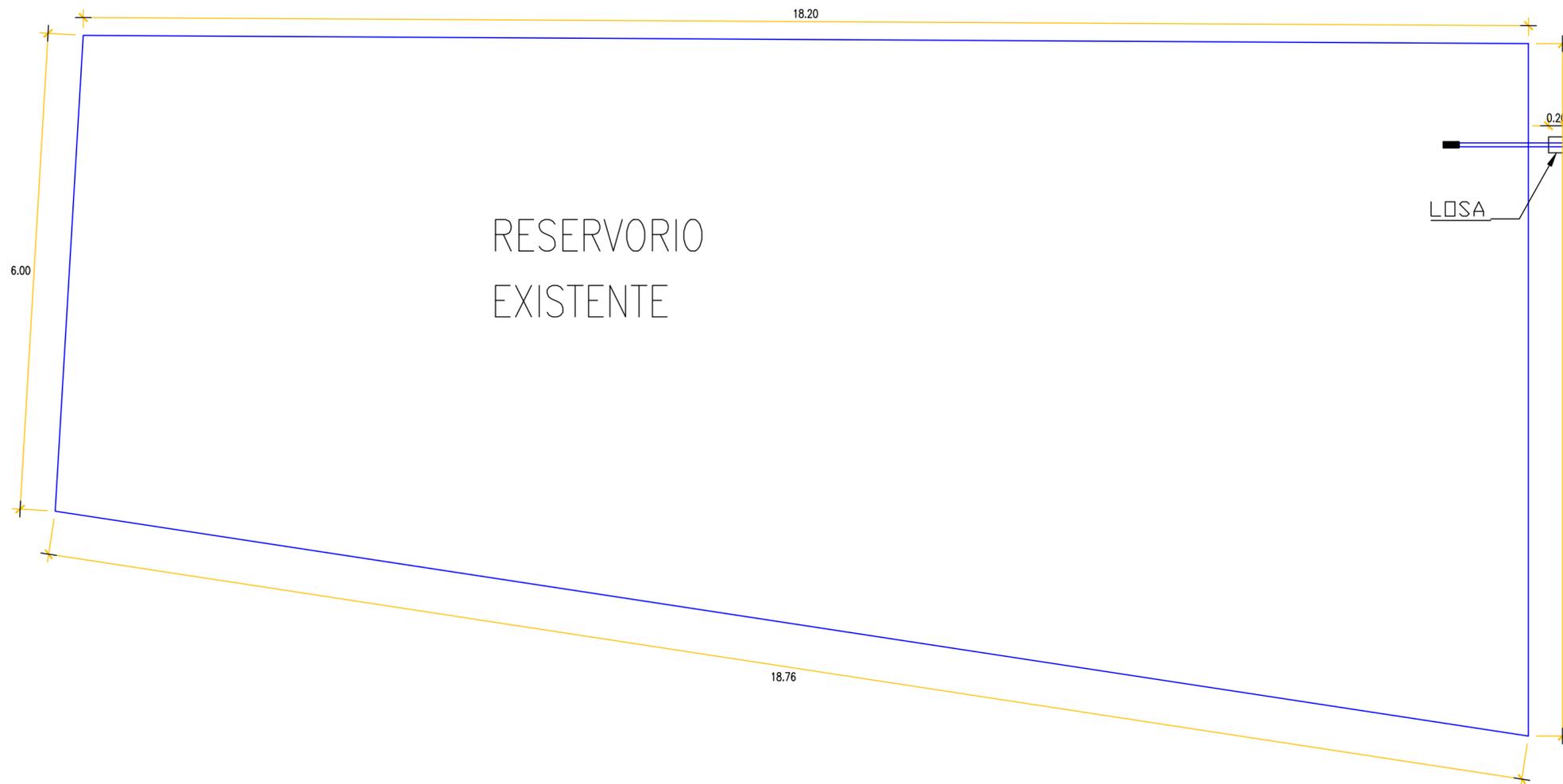
TUBERIA MATRIZ	
PORTAREGANTE	
VALVULA HIDRAULICA	
EMISOR	
VALVULAS DE AIRE	

PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA EL FUNDO VILLA VICTORIA-HUAURA				
PLANO: DISEÑO HIDRAULICO				
AREA TOTAL 1.0HA	DPTO. LIMA	PROV. HUAURA	DIST. SAYAN	PLANO N° 02
FECHA: JUNIO 2017	ELABORADO: BACH. KENNY A.	REVISADO: ING. MARCO A.	APROBADO: ING. MARCO A.	
ESCALA- HOJA E: 1/500 - A2				

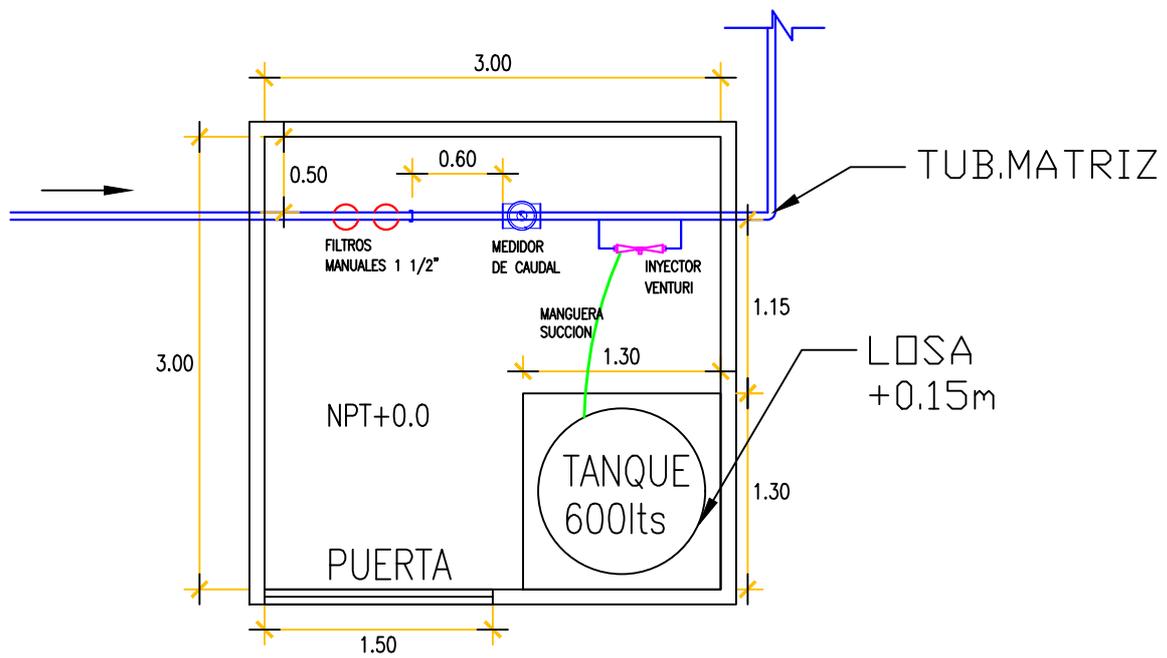


PROYECTO:				
DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA EL FUNDO VILLA VICTORIA-HUAURA				
PLANO:				
UBICACION DE FUENTE DE AGUA				
AREA TOTAL 1.0HA	DPTO. LIMA	PROV. HUAURA	DIST. SAYAN	PLANO N° 03
FECHA: JUNIO 2017	ELABORADO: BACH. KENNY A.	REVISADO: ING. MARCO A.	APROBADO: ING. MARCO A.	
ESCALA- HOJA E: 1/500 -A2				

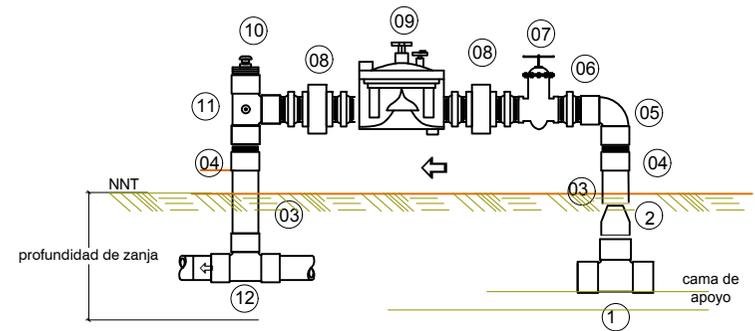
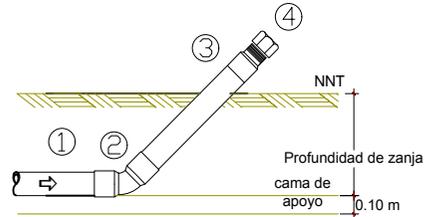
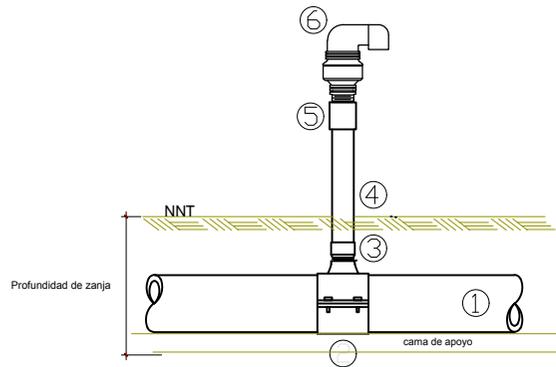
RESERVORIO
EXISTENTE



PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA EL FONDO VILLA VICTORIA-HUARUA				
PLANO: CASETA DE BOMBEO				
AREA TOTAL: 1.0 Ha	DPTO. LIMA	PROV. HUARUA	DIST. SAYAN	PLANO N° 04
FECHA: MAYO 2017	ELABORADO: BACH. KENNY A.	REVISADO: ING. MARCO A.	APROBADO: ING. MARCO A.	
ESCALA: HOJA E: 1/50 - A2				



PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEADO PARA EL FUNDO VILLA VICTORIA-HUAURA				
PLANO: CASETA DE FILTRADO Y FERTILIZACION				
AREA TOTAL 1.0 Hec	DPTO. LIMA	PROV. HUAURA	DIST. SAYAN	PLANO N° 05
FECHA: MAYO 2017	ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:	
ESCALA- HOJA E: 1/50 - A4	ING. KENNY A.	ING. MARCO A.	ING. MARCO A.	



COMPONENTES VALVULA DE AIRE

1. Tubería PVC 63MM
2. Abrazadera collarin PE 63mm x 1"
3. UPR PVC 1"
4. Elevador PVC 1"
5. Unión mixta PVC 1"
6. Válvula de aire 1" Doble Efecto

COMPONENTES PURGAS

1. Tubería PVC 1 1/2 "
2. Codo PVC 45° x 1" SP
3. UPR PVC 1"
4. Tapon PVC 1 1/2" RH

COMPONENTES ARCOS DE RIEGO:

1. Tee PVC 1 1/2" SP
2. Red PVC 1 1/2" x 1" SP
3. Niple PVC Ø 1"
4. Adaptador upr 1"
5. Codo PVC 90°x 1" RH
6. Niple PE 1" RM
7. Válvula bronce tipo bola 1" RH
8. Union universal 1" RH
9. Válvula hidraulica 1"+ Relle hidraulico gallit
10. Válvula antivacio 1/2" RM
11. Tee 1" RH
12. Tee PVC 1" SP

PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA EL FUNDO VILLA VICTORIA-HUALURA				
PLANO: DETALLES ARCOS DE RIEGO, PURGAS Y VÁLVULAS DE AIRE				
AREA TOTAL 1.0 Haa	DPTO. LIMA	PROV. HUALURA	DIST. SAYAN	PLANO N° 06
FECHA: MAYO 2017	ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:	
ESCALA- HOJA E: 1/50 - A4	ING. KENNY A.	ING. MARCO A.	ING. MARCO A.	