

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



“AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO PARA ÁREAS VERDES EN EL PROYECTO CONDOMINIO ALTO BUJAMA UTILIZANDO EL CONTROLADOR DE FLUJO RAIN BIRD ESP-LXD”.

Presentado por:

BACH. LEONARDO DANIEL MEDINA RIVAS

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

**Lima – Perú
2017**

ÍNDICE

RESUMEN

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS.....	2
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1. Riego en Áreas Verdes.....	3
3.1.1. Requerimientos Hídricos.....	5
3.1.2. Efecto del Riego en Grass (TURFF).....	5
3.1.2. Efectos del riego mix de árboles, arbustos y cubresuelos.....	7
3.1.3. Sistema de Riego en Áreas Verdes.....	8
3.2. Automatización y gestión de caudal mediante controlador RAIN BIRD.....	9
3.2.1 Controlador ESP-LXD.....	9
3.2.2 Conexión Estrella.....	11
3.2.3 Decodificadores.....	11
3.2.4 Función Control de Flujo.....	13
IV. METODOLOGÍA.....	15
4.1. DATOS DE ENTRADA.....	15
4.1.1. Ubicación del proyecto.....	15
4.1.2. Definición del área.....	17
4.1.3. Fuente de Agua.....	17
4.1.4. Fuente de Energía.....	18
4.1.5. Parámetros Agroclimáticos.....	18
4.1.6. Planeamiento de Diseño Agronómico e Hidráulico.....	19
4.1.7. Diseño Hidráulico.....	19

4.2. AUTOMATIZACIÓN DE RIEGO.....	28
4.2.1. Ajustes Iniciales.....	29
4.2.2. Módulo de Programación Avanzada.....	31
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
VI. CONCLUSIONES.....	41
VII. RECOMENDACIONES.....	43
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	44
IX. ANEXOS.....	45

RESUMEN

El presente trabajo monográfico titulado “Automatización del sistema de riego para áreas verdes en el proyecto condominio Alto Bujama utilizando el controlador de flujo Rain Bird ESP-LXD”, la que se realizó con el fin de utilizar la tecnología que hoy en día está avanzando para beneficiar al control y gerencia el riego en zonas donde la escasez de agua es un problema diario.

Para este sistema automatizado se aplicó el controlador de flujo ESP-LXD de la marca Rain Bird ya que su flexibilidad permite realizar tareas por dentro y fuera de la sala de control. Es necesario conocer los parámetros agroclimáticos, los parámetros hidráulicos del diseño y los requerimientos mínimos mensuales que son necesarios para agregar la interface de ZONA DE FLUJO. A este controlador de su flujo, se implementó un sensor de caudal para que realice la operación de gerencia del uso del agua. El sensor de flujo permitirá la activación de la función especial FLOWATCH que se sincronizará con el programador, con el fin de alertar el exceso o déficit de la cantidad de agua utilizada. El controlador de flujo Rain Bird ESP-LXD cumple las expectativas de gerencia de las horas necesarias para la activación, y el riego se realiza en horas del día, ajuste de tiempo por mes con una única programación.

El controlador de Flujo Rain Bird, beneficiará la entrega oportuna del recurso agua para lograr altos rendimientos. El sistema automatizado puesto en marcha logra obtener un ahorro en el consumo de agua mayor al 30% de lo proyectado en expediente técnico. Así mismo el personal de mantenimiento es reducido en un 80%.

Esta técnica moderna de riego automatizado nos da la capacidad suficiente para conducir el agua demandada y que su estado de conservación sea óptimo, siendo fundamental para un costo mínimo en mantenimiento y operación.

I. INTRODUCCIÓN

Desde la inserción en el manejo de medios de información, en este caso datos, la recolección de información ha tenido una gran aceptación como medio de enlace de diferentes dispositivos.

La recolección de datos en este controlador tuvo éxito por su fácil manipulación, y su flexibilidad hace que a ampliaciones se pueda seguir utilizando la misma interface, sin necesidad de molestos equipos para aumentar distancias. Con la recolección de datos del controlador de flujo, se pudo crear el proyecto “AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO PARA ÁREAS VERDES EN EL PROYECTO CONDOMINIO ALTO BUJAMA UTILIZANDO EL CONTROLADOR DE FLUJO RAIN BIRD ESP-LXD”.

El proyecto abarca la comunicación de 3 has. de grass, mediante un solo cable de 2 hilos, un controlador ESP-LXD central y un sensor de flujo para la operación y gerencia del riego. El controlador ESP-LXD recibe todos los datos de ingreso (tiempo de riego, frecuencia de riego, zonas de flujo, caudales, etc.) que son procesados y controlados por el mismo, que a su vez envía señal al relé de encendido de la bomba.

Debido a la escasez de agua y a la necesidad de aplicación de agua constante y de alta eficiencia, para que las áreas verdes no se dañen o en el peor de los casos se pierdan en su totalidad surge la necesidad de automatizar el condominio, el mismo que controla las diferentes áreas de aspersion y goteo que interactúan con el sensor de flujo. Este sistema de automatización por cables que se encuentra al alcance de todos, ayuda a un consumo controlado de agua.



Figura N°1. Sistema de Riego Alto Bujama

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

Este proyecto se da debido a la escasez de agua en el distrito de Mala y sobre todo cuando de una u otra forma no existe un buen control de riego. El uso indiscriminado de agua por exceso de apertura de válvulas nos hace requerir la implementación de este sistema de riego automático. A su vez, la mano de obra es de gran costo y a veces no se puede manejar.

OBJETIVO GENERAL

Implementar la automatización del riego para las áreas verdes del proyecto que permita monitorear y controlar la aplicación de la lámina de agua necesaria según diseño en el Condominio Alto Bujama.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Instalar y evaluar el funcionamiento del controlador de flujo ESP-LXD.
- Instalar un sensor de flujo que permita la recolección de datos de consumo de agua mensual.
- Aplicar las funciones especiales FloWatch y FloManager.
- Determinar límites máximos y mínimos de caudales de aplicación en la red implementada.
- Reducir el consumo de agua al mínimo cumpliendo las necesidades de las plantas.
- Facilitar el manejo y gerencia del sistema con un solo programa establecido.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

3.1. RIEGO EN ÁREAS VERDES

3.1.1. Requerimientos Hídricos

Gómez Enríquez et al. (2010) indicaron que el suministro de agua es uno de los factores determinantes para el desarrollo y producción de las plantas. Su requerimiento hídrico depende de las condiciones climáticas de la zona, suelo, tipo de cultivo, manejo y etapa del ciclo en la que se encuentre. Las plantas generalmente cumplen su ciclo vegetativo a través de las siguientes fases: germinación, desarrollo, maduración y cosecha y las necesidades de agua se hacen más apremiantes en alguna de estas etapas.

Pilar Gil et al., 1999, indica la evapotranspiración del cultivo también puede obtenerse a partir de un valor de evapotranspiración potencial o de referencia (E_{to}), determinado a partir de información climática registrada en una estación micro climática o meteorológica (Figura N°2)



Figura N°2. Estación Meteorológica WS-PRO2

El valor obtenido mediante ecuaciones que utilizan los valores registrados por la estación (entre ellos la más utilizada es la ecuación de Penman-Monteith),

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)}$$

Donde:

ET_o= Evapotranspiración sobre un cultivo de referencia (mm/día)

R_n= Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ/m²/día)

G= Flujo de calor del suelo (MJ/m²/día)

T= Temperatura promedio del aire a 2 metros de altura (°C)

U₂= Velocidad promedio diaria del viento a 2 metros de altura (m/s)

e_s= Presión de vapor por la saturación (kPa)

e_a= Presión de vapor actual (kPa)

Δ= Pendiente de la curva de presión de vapor versus temperatura (kPa/°C)

γ= Constante psicrométrica (kPa/°C)

Este valor es multiplicado por el valor del K_c para cada especie y etapa del cultivo con lo que se obtiene finalmente un valor de E_t. Mediante la E_t es posible luego calcular la lámina a reponer.

E_t = E_o x K_c.

E_t: Evapotranspiración Real.

K_c: Coeficiente de Cultivo.

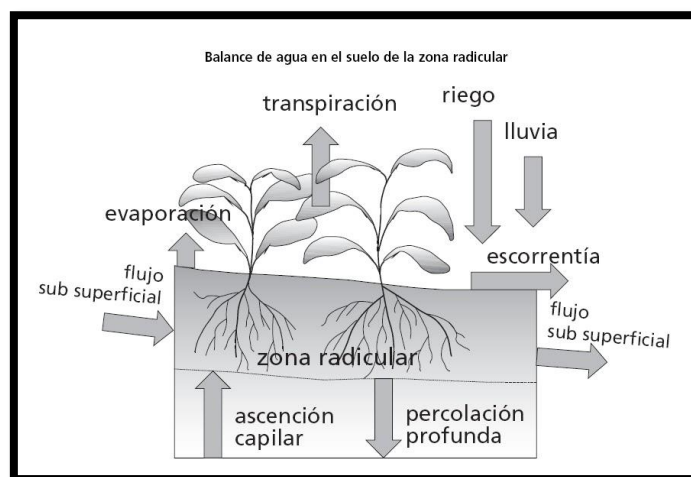


Figura N°3. Balance de agua en el suelo

Las áreas verdes del condominio se subdividen en grass (2.31 hectáreas) y un mix de árboles, arbustos y cobertura vegetal (claveles chinos, wedelia, diente de león, etc) y consta de un área del 30% del área verde total (0.99 hectáreas). Las necesidades hídricas del grass en general oscilan entre 35 y 80 m³/ha., y del mix de árboles oscila entre 25 Y 50 m³/ha.

Para que los jardines o áreas verdes de un condominio adquiriera un adecuado desarrollo y el paisajismo sea frondoso con el riego por goteo y aspersion es necesario que posea superficie mojada, estimada en un 100% de traslape, en el caso del grass con áreas irregulares muy amplios, la dinámica de crecimiento radicular se extiende en el total del área plantada, mientras que en zonas de plantas cubresuelos resulta frecuente encontrar problemas de adaptación como descensos de la producción, disminución del tamaño, amarillamiento de la planta y pérdida de producción de flores, causando su muerte. Para evitar estos problemas hay que incrementar el porcentaje de superficie mojada por los goteros a un 40% de la superficie del marco ocupado por cada árbol, en marcos iguales o inferiores a 0.3 x 0.3.

3.1.2. Efectos del riego en grass (turff).

Es conveniente conocer las peculiaridades de estos sistemas de riego y su tecnología, sobre todo si se desea alcanzar un adecuado nivel de calidad. Para ello, resaltar alguno de los mecanismos por los que se rige el funcionamiento, tanto de las plantas bajo estos métodos de riego como de la instalación, podrá ayudar a comprender el comportamiento de los sistemas y orientar en la mejor forma de utilizarlos (Arviza, J., 1987).

El primero de ellos es el relativo a la cantidad de agua en el suelo. Por tratarse de riego de media tensión de humedad, el agua debe de ser abundante en el torno del sistema radicular, lo que implica una adecuada frecuencia de riego para que se mantenga el nivel de humedad óptimo (Arviza, J., 1987).

En segundo lugar se debe de tener presente como se distribuye el sistema radicular de las plantas bajo riego localizado, en los climas semiáridos y áridos (**Figura N°2**)



Figura N° 4. Distribución de las raíces en riego por aspersión, climas semiáridos

Como las raíces del grass se desarrollan y crecen con la presencia del agua y quedan latentes cuando ésta escasea, el desarrollo del sistema radicular, en este tipo de climas, queda limitado, casi exclusivamente, a las zonas del suelo que se mojan y en las que se alcanza una gran densidad radicular por la presencia constante de agua. Fuera de los traslapes apenas existe humedad y por lo tanto hay una escasa porción de sistema radicular, que solamente crece y posee alguna actividad después de los periodos de lluvia y mientras el suelo permanece mojado, con lo que apenas contribuye a la alimentación del grass (Laurence R. Costello, 1991).

En tercer lugar, como consecuencia de la peculiar distribución del sistema radicular, el suelo pierde la función de almacén o depósito de regulación, con respecto al agua. Esto condiciona la forma de aplicación del agua (Ferrer Talon, 1998).

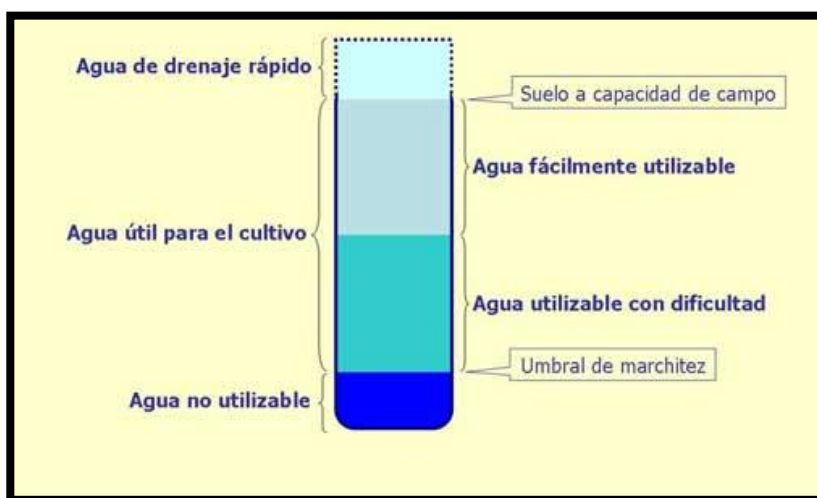


Figura N° 5. Anatomía del suelo como reservorio de Agua

3.1.3. Efectos del riego mix de árboles, arbustos y cubresuelos

Laurence R. Costello et al. 1991. Indica que en un sistema mixto de árboles, arbustos y cubresuelos que se encuentran en las cercanías de vías, en zonas de tránsito más alejadas de las edificaciones, en los estacionamientos, alineaciones de caminos, etc. En general, son zonas de mediano a alto consumo de agua.

Para calcular de forma aproximada las necesidades de agua del parque o jardín:

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

$$K_c = K_e \times K_d \times K_m$$

a) Coeficiente K_e : No existe una lista normalizada de valores de K_e ; los valores de K_e publicados por LEED, son valores mínimos para mantener una apariencia aceptable, salud y crecimiento razonable para la especie (Laurence R. Costello et al., 1991).

b) Coeficiente K_d : Describe las diferentes densidades de vegetación. Los jardines recién instalados o aquellos con plantas espaciadas tienen en general menor superficie foliar que los jardines maduros o densos. Las pérdidas de agua en un jardín denso son mayores que en uno de baja densidad. Los jardines más comunes son los de plantaciones mixtas de elevada densidad, es decir aquellos que tienen árboles y arbustos plantados sobre una capa de tapizantes (Laurence R. Costello et al., 1991).

c) Coeficiente K_m : El coeficiente microclima se utiliza para tener en cuenta las diferencias ambientales sobre las condiciones climáticas propias de la localidad, incluidas en la ET_o . Las zonas con distintas condiciones ambientales dentro de una misma zona climática se denominan microclimas. Una condición microclimática media ($K_m = 1,0$) es aquella en la que las estructuras, edificaciones, etc. no influyen en el microclima del jardín. La evaporación que tiene lugar en un jardín rodeado de edificios de hormigón será mayor a la de un jardín rodeado por una zona forestada. Los edificios y pavimento que rodean el jardín reflejan gran parte de la radiación aumentando la radiación neta, a la vez que ceden calor a la atmósfera, incrementando la tasa de evapotranspiración del mismo (Laurence R. Costello et al., 1991).

Cuadro N°1: Kc. Tabla LEED 2015 Compilada.

TIPO DE VEGETACIÓN	Factor de especie (Ke)			Factor de densidad (Kd)			Factor de microclima (Km)		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
Árboles	0.2	0.5	0.9	0.5	1.0	1.3	0.5	1.0	1.4
Arbustos, trepadoras y suculentas	0.2	0.5	0.7	0.5	1.0	1.1	0.5	1.0	1.3
Gramíneas	0.3	0.6	0.8	0.5	1.0	1.1	0.5	1.0	1.2
Cactáceas	0.2	0.5	0.7	0.5	1.0	1.1	0.5	1.0	1.3
Cobertura vegetal, rastreras y herbáceas	0.3	0.5	0.7	0.5	1.0	1.1	0.5	1.0	1.4
Mix de árbol, arbustos y cobertura vegetal	0.2	0.5	0.9	0.6	1.1	1.3	0.5	1.0	1.4
Grass en general	0.6	0.7	0.8	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.2

3.1.4. Sistemas de riego en áreas verdes

Un sistema de riego ideal debe de llevar a cabo una distribución uniforme del agua en toda la superficie regada, de manera que todas las plantas reciban la misma cantidad de agua. En una instalación de riego es prácticamente imposible conseguirlo, lo que motiva que las diferentes plantas reciban volúmenes de agua distintos, por lo que la uniformidad de distribución del agua no será perfecta (Ferrer Talon, 1991).

Aunque la instalación de riego esté perfectamente diseñada y realizada existen una serie de causas, inevitables, que impiden una distribución uniforme del agua y entre las que cabe destacar:

- Tipo de suelo
- Alta conductividad eléctrica de los suelos
- Irregularidad propia de los emisores.
- Envejecimiento y obturación de emisores.
- Distribución de la presión
- Vientos excesivos

La suma de estos efectos que, salvo las obturaciones, son inevitables, tiene como resultado la variabilidad de los caudales de los emisores y con ello diferencias en la cantidad de agua y fertilizantes que reciben las plantas. Se puede pues asegurar que, incluso en las mejores instalaciones, una cierta desuniformidad es inevitable y, a consecuencia de ello, como los

cálculos del tiempo de riego se suelen hacer mediante el caudal medio, existen plantas que reciben más agua de la prevista y otras menos, ver Figura N°6 (Ferrer Talon, 1991).

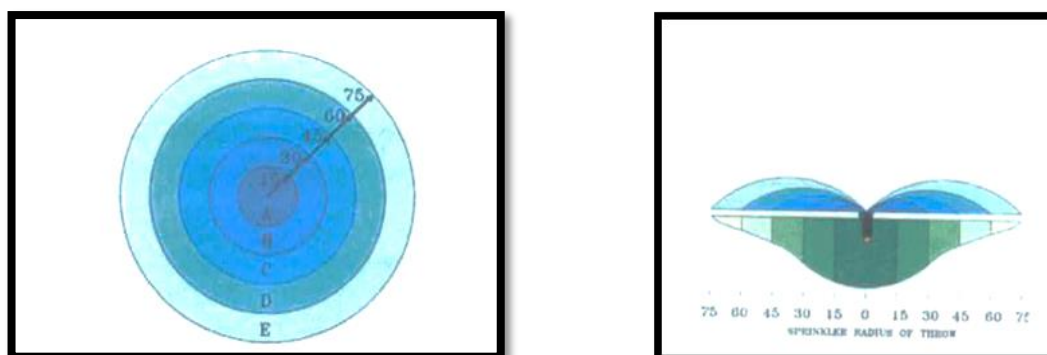


Figura N° 6. Vista de planta (izquierda) y vista de perfil (derecha) de un aspersor

En la Figura N°6 se explica porque tenemos siempre una mayor lámina próxima a un aspersor. Esto puede significar a la larga, los crecimientos desuniformes de las plantas que reciben los caudales menores *siempre* recibirán cantidades menores, debido a que los emisores correspondientes a cada planta son siempre los mismos. Hay que minimizar esas desigualdades, que es lo que a la larga produce las diferencias de vigor, se debe lograr que las diferencias estén dentro de unos márgenes tolerables, es preciso disponer de una instalación que funcione con eficacia. Esto se puede conseguir mediante una correcta gestión de manejo y mantenimiento de la instalación (Ferrer Talon, 1991).

3.2. AUTOMATIZACIÓN Y GESTIÓN DE CAUDAL MEDIANTE CONTROLADOR RAIN BIRD

3.2.1. Controlador ESP-LXD

Un controlador de decodificador ESP-LXD de Rain Bird controla sistemas de riego de manera regulada en comparación al riego tradicional de operación manual. La diferencia, las direcciones del decodificador deben ser programadas en el controlador. La dirección del decodificador representa una válvula de control para una zona de riego, un sensor de flujo, una válvula maestra o un relé arranque de la bomba. A medida que los programas de riego se ejecutan, los comandos se comunican a los decodificadores en el campo. Esta comunicación se realiza a través de una vía de comunicación de dos hilos de baja tensión a los numerosos decodificadores ubicados en

el campo. Los decodificadores responden a una dirección de tres, cuatro o cinco dígitos. Los decodificadores activarán directamente los solenoides de las válvulas (RAIN BIRD, 2013).

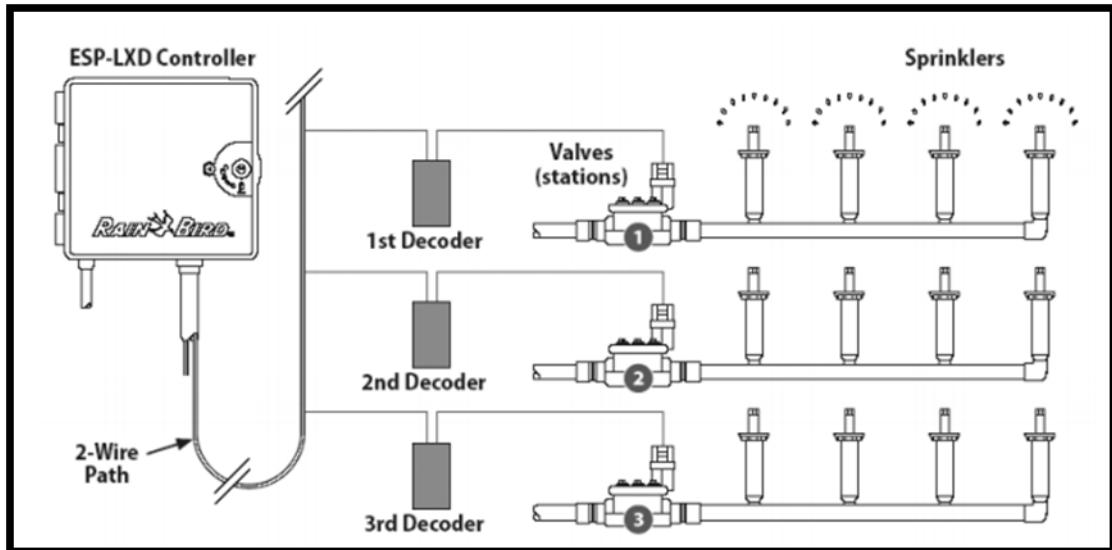


Figura N° 7. Diseño típico de decodificadores y válvulas

Especificaciones técnicas		
Tipo de controlador	ESP LXD	Convencional
Capacidad de sacarlo del empaque	50 estaciones	8 o 12
Capacidad adicional por módulos	75 estaciones por módulo	8 o 12
Maxima capacidad	200 estaciones	48
Numero de Válvulas maestras,	5	1
Numero de sensores	5	1
Numero de sensores meterologicos	4	1
Numero de programas	4	4
Numero de programas simultáneo	4	4
Numero de estaciones simultáneo	8	5
Numero de estaciones simultáneo por programa	8	5
Manejo de flujo, electricia, y estaciones	Si	Si
Control central por computador	Si	Si
<small>(con cartuchos de comunicaciones y software Rain Bird IQ v2.0)</small>		

Figura N° 8. Comparación ESP-LXD, sistema convencional eléctrico

3.2.2. Conexión Estrella

Para instalaciones de cable que no sean excesivamente largas, la trayectoria de 2 hilos es la conexión Estrella. Esto es para facilitar la solución de problemas del sistema, si experimenta una falla de continuidad de cable o cortocircuito. La distancia del decodificador más alejado del Controlador ESP-LXD, medido a lo largo de la trayectoria de dos hilos, es considerada el Camino Crítico de DOS HILOS. Para una conexión Estrella. La distancia máxima para el Camino Crítico es de 3.0 km para 14 AWG, y 4.23 km para el cable de 12 AWG (RAIN BIRD, 2013).

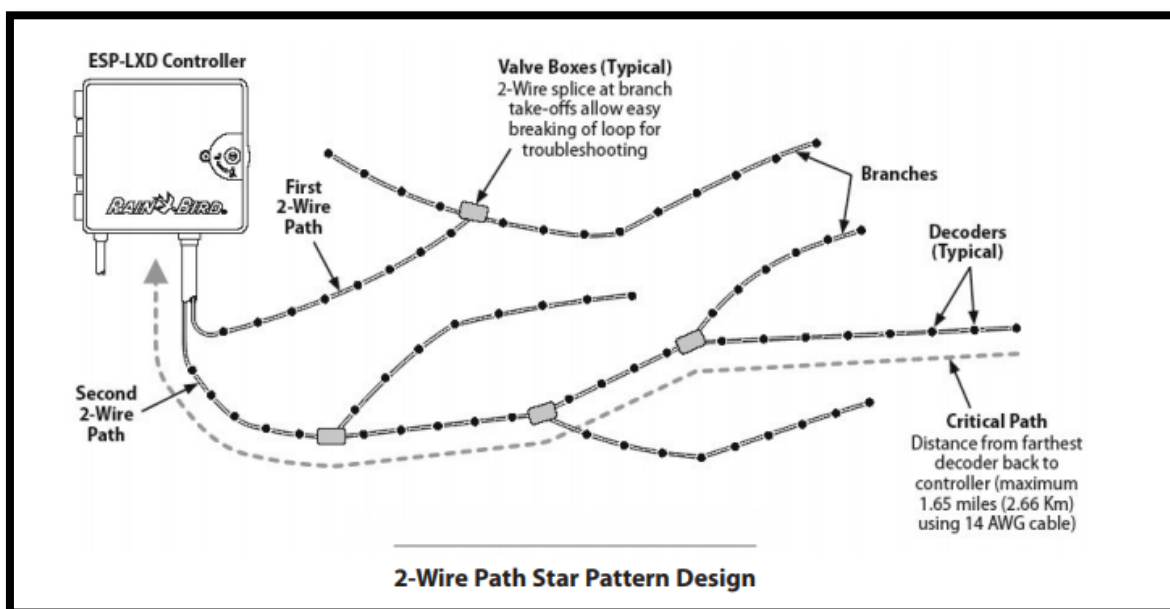


Figura N° 9. Cable de dos hilos – Conexión Estrella

3.2.3. Decodificadores

Un decodificador es un interruptor remoto del controlador y enciende un solenoide para abrir una válvula. Los decodificadores se encuentran fuera del sitio. Cada decodificador tiene al menos una dirección, que es activada por una señal única del controlador, cuando se activa una dirección, el decodificador permite el flujo de corriente a los solenoides (RAIN BIRD, 2013).

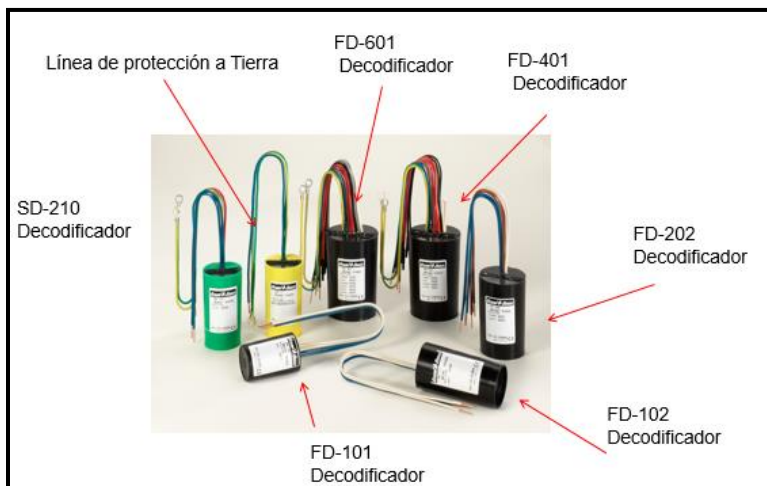


Figura N° 10. Tipos de decodificadores



Figura N° 11. SD-210 Sensor Decoder

Cuadro N° 2: Modelo de Decodificadores

Modelo de Decodificadores Rain Bird			
Modelo Decodificador	Numero de direcciones por decodificador	Maximo Numero de Solenoides por dirección	Maximas direccion en operación
FD-101	1	1	1
FD-102	1	2	1
FD-202	2	2	2
FD-401	4	1	4
FD-601	6	1	4

3.2.4. Función control de Flujo

Los beneficios de esta función implican:

- Manejo y Gerenciamiento inteligente del uso de agua del Sistema Riego.
- Cambia la forma de hacer la programación y diseño.

a) **FloManager:**

Es una de las funciones de gestión de caudal más potentes del controlador ESP-LXD, permite al controlador asignar la presión y el volumen de agua disponible a varias estaciones a partir de sus requisitos hidráulicos. Esto se puede hacer incluso sin sensores de caudal. Una vez que se activó el FloManager, se recomienda que adquiera el caudal o introduzca manualmente las tasas de caudal de todas las estaciones y FloZones. Esto permitirá a FloManager asignar los recursos hídricos de forma dinámica. Si no se tiene instalado hardware detector de caudal, puede estimar las tasas de caudal a partir del hardware de riego instalado en una estación o FloZone concreta e introducir el valor manualmente (RAIN BIRD, 2013).

- FloZone: Zona de Flujo. Es el área del proyecto donde fijamos un caudal límite. Puede ser por operación o por límite de diámetro de tubería (RAIN BIRD, 2013).
- Caudal unitario: Caudal de un sector o zona de nuestro proyecto. Es el caudal de una válvula en operación sola (RAIN BIRD, 2013).

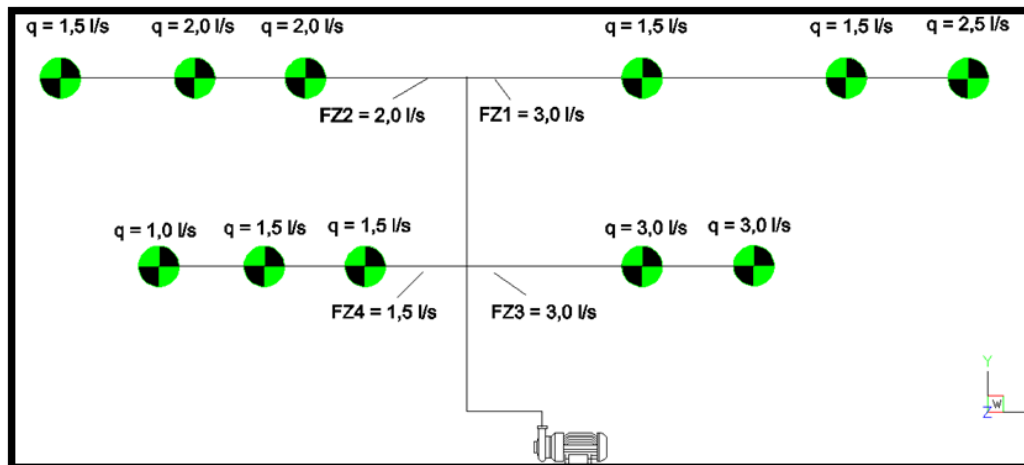


Figura N° 12. Zona de Flujo (FloZone)

b) FloWatch:

Complemento del FloManager, en el cual se ajusta los caudales a valores máximos y mínimos con los comandos SEEF (Seek and Eliminate Excessive Flow) y SELF (Seek and Eliminate Low Flow). Se ocupa de la forma en la que se desea que el controlador responda a un caudal excesivo, o mínimo de lo permitido, como ocurriría en el caso de una rotura de tubería principal o de una válvula que está atascada en la posición de apertura o cierre (RAIN BIRD, 2013).

IV. METODOLOGÍA

4.1. DATOS DE ENTRADA

4.1.1. Ubicación del proyecto

El proyecto se desarrolla en el Condominio Alto Bujama de propiedad de La Junta de Usuarios de Alto Bujama. El proyecto posee una extensión de 48.82 Has totales y un área verde de 3.40 hectáreas. Se Ubica en Bujama Alta, distrito de Mala, Provincia de Cañete, Departamento de Lima.

➤ POLITICAMENTE

POR EL NORTE: Distritos de Santa Cruz de Flores, San Antonio y Calango

POR EL OESTE : Océano Pacífico

POR EL SUR : Distrito de Asia

POR EL ESTE : Distrito de Coayllo

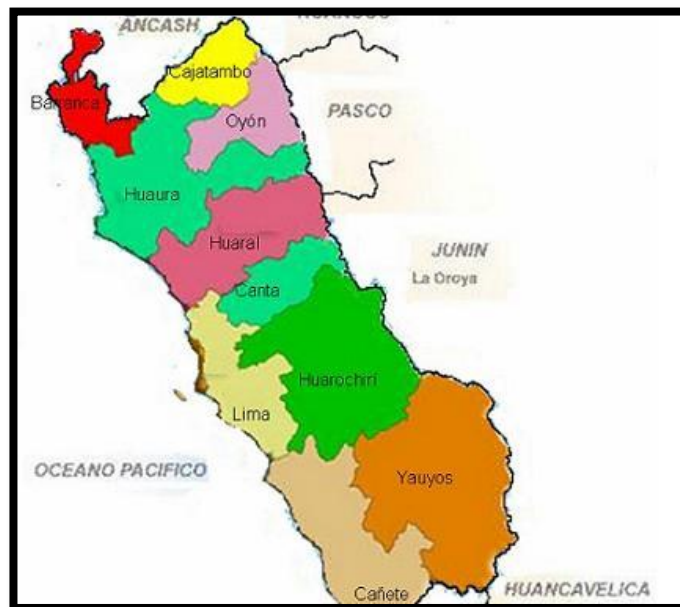


Figura N° 13. Mapa político del departamento de Lima y Provincias

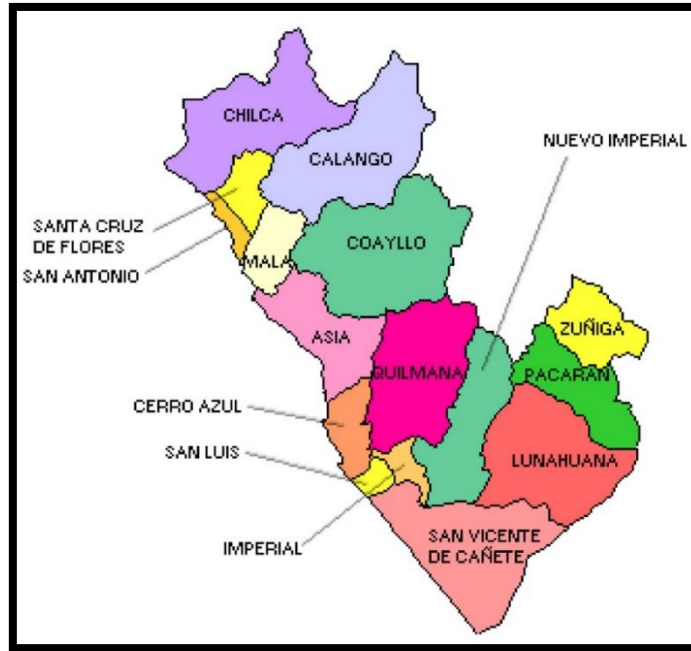


Figura N° 14. Mapa político de la Provincia de Cañete

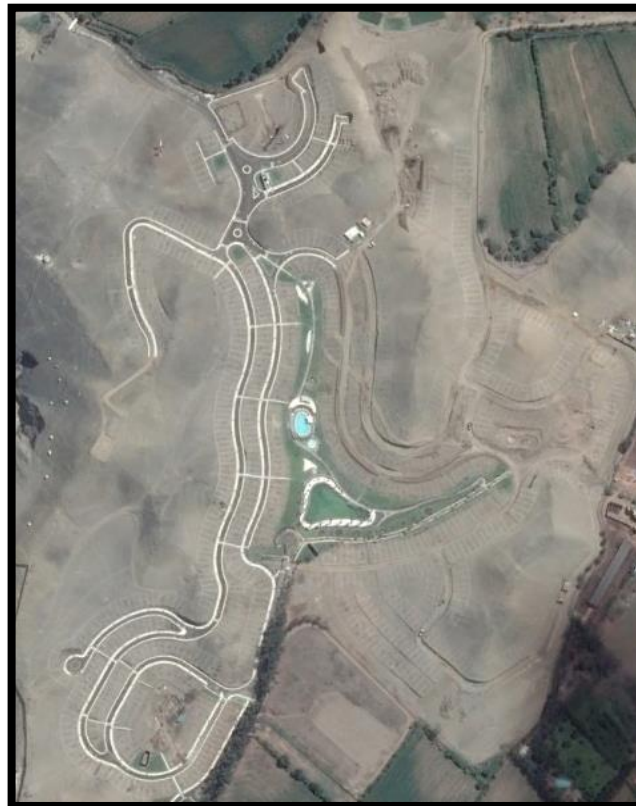


Figura N° 15. Imagen satelital Proyecto Alto Bujama

El proyecto Alto Bujama, se conecta con la carretera Panamericana Sur, a la altura del kilómetro 90, en el desvío del Rio Mala.

Los principales centros poblados son: Mala, 9 de Octubre, Caima, Asia. Donde por la propia dinámica económica se va afirmando el sector comercial y un gran crecimiento urbano. El río Mala, que se divide porque divide la zona agrícola, lado izquierdo del valle, que dan vida a la zona de irrigación en frutales, y la zona urbana, llena de grandes condominios de Playa y Campo, esta zona se encuentra en actividad creciente desde el año 2000. Esta zona es considerada como un valle protegido geográficamente, debido a la conformación que presenta, está rodeada de cerros lo que permite que su clima durante todo el año sea cálido, con una temperatura promedio anual de 20°C. Condiciones desfavorables para el grass y plantas cubre suelos.

4.1.2. Definición Del Área.

El proyecto ALTO BUJAMA cuenta con 3.30 hectáreas de área verde de los cuales no existe un sistema de riego. La forma actual de riego es con apertura y cierre de forma manual, y se refuerza las zonas amarillentas con riego con cisternas, se obtuvo la siguiente información por parte de la administración.

1. Frecuencia de Riego: diario.
2. Consumo de agua: alrededor de 58,000.00 M3/Ha/Año
3. Consumo de mano de obra: alrededor de 08 regadores para 3.30 hectáreas del Condominio.
4. Ineficiente control de malezas.

El riego se realizaba con baja eficiencia de aplicación generando pérdidas de dinero, a esto hay que sumar el costo de mano de obra para el control de agua y también el costo de las labores de eliminación de la mala hierba que proliferaba.

4.1.3 Fuente de Agua.

La fuente de agua del proyecto es una laguna artificial con capacidad de almacenamiento de 3,000 m³, el cual esta abastecido por una Planta de Tratamiento de agua Residuales y un pozo de agua que se encuentra dentro del mismo Proyecto, una de las principales características de este pozo es que en el tiempo de avenida arrastra una cantidad significativa de sedimentos, limos

y arcillas, por otro lado este tipo de agua conllevaba a un serio riesgo de obstrucción en los emisores a instalar en campo.



Figura N°16. Laguna artificial principal “Núcleo 2”, Proyecto Alto Bujama, Mala.

4.1.4. Fuente de Energía

Al momento de la concepción del proyecto cuenta con 8 sub estaciones eléctricas de potencias de 50 KVA y medidor trifásico de 220V. Lo que garantizaba el consumo de las viviendas principales, viviendas de los propietarios, iluminación de Club House y paisajísticas, y además abastece el requerimiento de energía para la implementación de un sistema de bombeo con requerimientos de energía de 20.00 H.P. (15.20 KW).

4.1.5. Parámetros Agroclimáticos.

Los parámetros agroclimáticos corresponden a la estación Meteorológica de LA CAPILLA 2 situada en el distrito de Calango, como referencia podemos citar que la temperatura máxima llega a 34.9°C y una temperatura mínima de 12.6°C. Rango óptimo para el desarrollo de cultivos como los frutales pero no para grass ya que suelen entrar en stress rápidamente. Según los reportes de estaciones meteorológicas particulares instaladas en la irrigación, la evapotranspiración real en tiempo de verano llega a casi 5.00mm/día.

4.1.6. Planteamiento De Diseño Agronómico E Hidráulico

Luego de analizar la situación por la que atravesaba el proyecto, se plantea la propuesta para la implementación del sistema de riego tecnificado mixto por goteo y aspersión, debido que era lo que se necesitaba para mejorar de manera práctica todos los puntos desfavorables detallados anteriormente. La administración, en base a lo observado y a lo recomendado, indico como restricción usar emisores de la marca Rain Bird, hasta entonces, este caso se presentaba una nueva discusión. El tipo de automatización a emplear.

Como ya fue mencionado con anterioridad, nuestra referencia para determinar la lámina de riego a reponer de manera diaria, fue los reportes de la estación meteorológica de LA CAPILLA 2, ubicado a 20.00 Km. El cual nos reportaba una ETo de 4.62 mm/día como máxima en el mes de febrero, y una ETo de 2.33 mm/día como mínimo en el mes de junio. A partir de este dato empezamos a analizar el planteamiento hidráulico y de componentes a utilizar para la realización del proyecto.

Teniendo en cuenta esta información planteamos la precipitación efectiva y de esta forma poder definir el requerimiento de agua diario:

$$PP \left(\frac{\text{mm}}{\text{hr}} \right) = \frac{Q_{\text{emisor}} \left(\frac{\text{l}}{\text{hr}} \right)}{\text{Área} (\text{m}^2)}$$

Donde:

PP= Precipitación del emisor (mm/hr)

Qemisor= Caudal del emisor (l/hr)

Área= Área de influencia de los emisores (m²)

4.1.7. Diseño Hidráulico.

Consideraciones de diseño

En función a criterios de selección del tipo de riego escogido debo mencionar que el principal criterio es la eficiencia a la que podemos llegar, al tener entre dos a tres especies de cultivos

(grass, plantas rastreras y arbustos) es necesario implementar un sistema mixto de riego presurizado. Así tenemos:

1. Sistema de Riego por aspersión: Utilizando emisores de alta gama como RAIN BIRD, con tecnología RAIN CURTAIN aseguramos una eficiencia del 75% de entrega eficiente de agua a las zonas de grass, cabe decir que los emisores estarán espaciados a un 100% de traslape y un 80% del radio de diseño será utilizado para la selección de emisores con misma precipitación, debido a que durante horas de la tarde, la velocidad del viento se incrementa.

2. Sistema de Riego por goteo en macizos: Normalmente un sistema de riego por goteo puede tener eficiencias de aplicación no menores al 85%, con lo cual garantizamos que el comparativo contra un riego por gravedad supera de mucho a este último, otro de los factores decisivos para el cambio de sistema es la optimización de costos en función a la cantidad de fertilizantes a aplicar, esto medido como eficiencia de aplicación y el otro parámetro igual de importante es la eficiencia de aprovechamiento por la planta, con lo cual los costos se reducen alrededor de 40%.

3. Sistema de Riego por goteo en árboles y arbustos: Un riego muy puntual en el cual se aplicará goteros tipo botón (Tipo Corona de 2, 4 u 8 l/hr) para árboles aislados y zonas de reforestación de taludes.

Se considera la reposición de la lámina máxima dentro del análisis de selección y dimensionamiento de tuberías, el criterio utilizado fue analizar el sector con las condiciones más desfavorables en función de distancia, caudal y presión, teniendo en cuenta que nuestros parámetros están fundamentados en el reglamento nacional de construcciones (para sustentar las velocidades dentro de las tuberías) y los catálogos de los fabricantes de los equipos que son al final quienes nos brindan las garantías de los mismos si es que se presentaran fallas por fabricación de los mismos. El análisis del sector crítico se inicia solicitando al propietario el levantamiento topográfico de todo el Proyecto, con el fin de determinar la superficie, forma, pendientes, curvas de nivel y cotas máximas y mínimas. Esto para poder contar con una herramienta básica que nos permita poder realizar los trazos tentativos de diseño preliminar con información real y actual.

Sector Crítico

La válvula 30 presenta turno de riego crítico, esperado por usar emisores de mayor presión de trabajo, donde resultó que la pérdida de carga en la tubería lateral fue de **4.89** mca, en la válvula eléctrica **3.50** mca y en la tubería matriz **4.95** mca.

El cálculo de las pérdidas de carga se realizó en todos los sectores teniendo como resultando los requerimientos de Presión del Sistema que se presentan a continuación. Dando como resultado una presión requerida de **69.31** mca. En el turno crítico.

Cuadro N° 3: Requerimientos de Presión en Laterales Válvula Crítica
PERDIDA DE CARGA PARA LÍNEAS LATERALES - VALVULA 30

SECTOR #	CAUDAL (l/s)	LONGITUD (metros)	VELOCID. CRITICA (mps)	DIAMETRO INTERNO (mm.)	PERDIDA UNITARIA Hfu (metros)	PERDIDA DE CARGA HF (metros)	OBSERVACION
1	1.12	15.00	1.6461	29.4	0.1015	1.5231	O.K.
2	2.24	15.00	1.4435	44.4	0.0482	0.7230	O.K.
3	3.35	15.00	2.1653	44.4	0.0980	1.4699	O.K.
4	4.47	25.00	1.6745	58.3	0.0445	1.1115	O.K.
5	8.94	1.00	2.3634	69.4	0.0653	0.0653	O.K.
TOTAL						4.8928	O.K.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 4: Requerimientos de Presión en Matriz Turno Crítica
PERDIDA DE CARGA PARA LÍNEA MATRIZ - VALVULA 30 Y 31

SECTOR #	CAUDAL (l/s)	LONGITUD (metros)	VELOCID. CRITICA (mps)	DIAMETRO INTERNO (mm.)	PERDIDA UNITARIA Hfu (metros)	PERDIDA DE CARGA HF (metros)	OBSERVACION
1	3.00	195.76	0.3671	102	0.0016	0.3039	O.K.
2	8.94	442.67	1.0941	102	0.0105	4.6444	O.K.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 5: Requerimientos de Presión del Sistema

Parámetro	Unidad	Turno de riego / sector crítico		
		Válvula 50	Válvula 30	Válvula 43
Presión de Trabajo	(mca)	15.00	45.00	45.00
Diferencia topográfica	(mca)	38.50	5.00	-5.50
Hf. de Lateral	(mca)	0.02	4.89	1.47
Hf. de válvula.	(mca)	0.07	3.50	3.00
Hf. de Matriz	(mca)	0.02	4.94	2.03
Hf. de Filtros	(mca)	5.00	5.00	5.00
Parcial:		58.60	69.31	51.00

Fuente: Elaboración Propia

De la misma forma para cada turno se calculó los requerimientos de potencia, obteniendo una potencia calculada de 18.06 HP, con una eficiencia del 60%

Cuadro N° 6: Requerimientos de Potencia del Sistema

Parámetro	Unidad	Turno de riego / sector crítico		
		Válvula 50	Válvula 30	Válvula 40
Presión	(mca)	58.60	69.31	56.00
Caudal	(m3/h)	25.20	32.18	40.21
Potencia calculada *	(HP)	8.98	18.06	13.69
	(kw)	7.00	13.60	10.67

Eficiencia 60%

En este punto se observa que existe un solo turno crítico debido a la mayor potencia que necesita. Para cumplir con este requerimiento se analiza la Válvula N°30.

Cuadro N° 7: Resumen del requerimiento de potencia Válvula N° 30

PERDIDA DE CARGA + 10% PERDIDAS LOCALES	10.8130
DESNIVEL GEOMÉTRICO	5.0000
PRESIÓN DE SERVICIO DEL EMISOR	45.0000
PERDIDA DE CARGA EN CABEZAL	5.0000
PERDIDA DE CARGA EN VÁLVULA	3.5000
TOTAL	69.3130

POT (HP)	18.0598
-----------------	----------------

Fuente: Elaboración Propia

Esta potencia se seleccionó para cumplir con la demanda en los turnos de riego más críticos, específicamente la válvula 30. Luego de realizar una selección entre las diferentes marcas se encontró una que satisfacía nuestros requerimientos de presión y de caudal. El cual resultó con una bomba Trifásica de 20 HP con sus características descritas en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 8.: Unidad de Bombeo Seleccionada

Q Sistema (m³/h)	43.20
Q Sistema (l/s)	13.33
Presión del Sistema (m.c.a.)	69.6
BOMBA	
Tipo	Electrobomba Centrífuga
Marca	PENTAX
Modelo	50-250 C
Velocidad (RPM)	2,900.00

Eficiencia (%)	60%
Diámetro de Succión	65.00
Diámetro de Descarga	50.00
MOTOR	
Marca	PENTAX
Tipo	CM normalizzate
POTENCIA	
Potencia Nominal (HP)	20.00

Fuente: Elaboración Propia

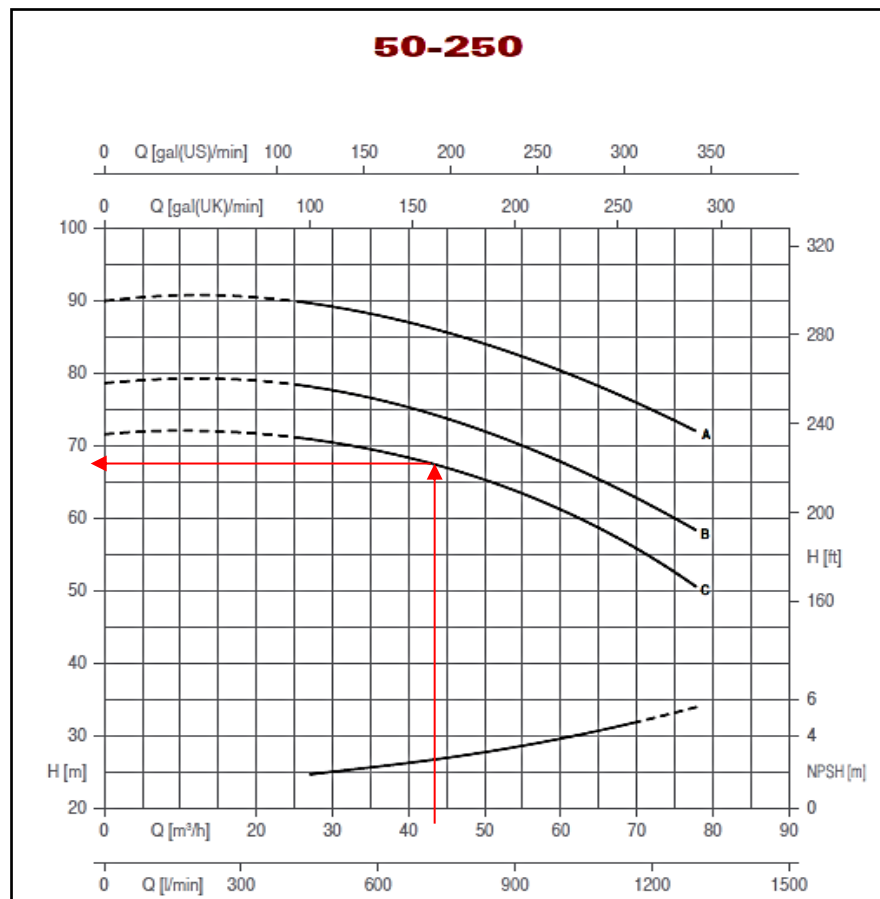


Figura N° 17. Selección de Unidad de Bombeo

Donde se observa que la electrobomba elegida tiene 20 HP con una presión de operación de 69.31 mca y un caudal de 13.33 lps, con lo que satisface los requerimientos de presión y caudal. De esta forma se procedió a la selección del equipo de bombeo adecuado, 01 Electrobomba trifásica 220V, de la marca PENTAX Procedencia. Italiana de 20 HP. Que cumplía con las especificaciones de altura dinámica total (ADT). Y caudal requerido.



Figura N° 18. Electrobomba PENTAX con conexiones bridadas

Cuadro N° 9: Parámetros de Operación del Sistema

PARÁMETROS DE OPERACIÓN RIEGO POR ASPERSIÓN Y GOTEO - ALTO BUJAMA																		
Turnos/Posición	Tipo de emisor	N° Válvula	Área		Modulo Riego/Aspersor	Caudal				Precipitación	Lamina Cultivo a Reponer			Tiempo de Operación			Volumen	
			Válvula	Turno		Válvula		Turno		Diaria	Diaria	Frecuencia	Total	Aplicación Riego	Cambio Posición	Total/Turno	Turno	Total/Turno
			m2	m2		l/s/ha	m3/hr	l/s	m3/hr	l/s	mm/hr	mm/día	día	mm	hrs	min	min	m3
I	ROTORES	V1	157.66	2262.99	4.88	2.84	0.79	39.74	11.04	17.56	7.10	1	7.10	0.40	24.24	30.00	19.87	
	ROTORES	V2	344.75			5.29	1.47											
	ROTORES	V3	640.1			14.40	4.00											
	ROTORES	V4	253.18			4.57	1.27											
	ROTORES	V6	867.3			12.64	3.51											
II	ROCIADORES	V7	220.49	1098.15	10.17	9.72	2.70	40.21	11.17	36.62	7.10	1	7.10	0.19	11.63	15.00	10.05	
	ROCIADORES	V8	179.83			6.52	1.81											
	ROCIADORES	V12	543.95			16.78	4.66											
	ROCIADORES	V38	38.47			1.80	0.50											
	ROCIADORES	V39	38.47			1.80	0.50											
	ROCIADORES	V40	38.47			1.80	0.50											
III	ROTORES	V9	676.88	2668.65	4.37	10.94	3.04	42.01	11.67	15.74	7.10	1	7.10	0.45	27.05	30.00	21.01	
	ROTORES	V13	774.4			11.88	3.30											
	ROTORES	V5	1217.37			19.19	5.33											
IV	ROTORES	V10	744.84	2590.93	4.40	11.30	3.14	41.04	11.40	15.84	7.10	1	7.10	0.45	26.88	30.00	20.52	
	ROTORES	V11	771.16			12.74	3.54											
	ROTORES	V14	327.98			5.04	1.40											
	ROTORES	V15	281.99			3.89	1.08											
	ROTORES	V16	464.96			8.06	2.24											
V	ROTORES	V17	940.37	2732.33	4.39	8.28	2.30	43.20	12.00	15.81	7.10	1	7.10	0.45	26.93	30.00	21.60	
	ROTORES	V18	473.09			8.28	2.30											
	ROTORES	V19	472.75			19.08	5.30											
	ROTORES	V20	846.12			7.56	2.10											
VI	ROTORES	V21	587.35	2089.64	5.69	7.38	2.05	42.84	11.90	20.50	7.10	1	7.10	0.35	20.77	30.00	21.42	
	ROTORES	V22	721.48			12.42	3.45											
	ROTORES	V23	398.31			8.17	2.27											
	ROTORES	V24	382.5			14.87	4.13											
VII	ROTORES	V25	561.66	2730.1	4.40	10.80	3.00	43.20	12.00	15.82	7.10	1	7.10	0.45	26.91	30.00	21.60	
	ROTORES	V26	1034.8			10.80	3.00											
	ROTORES	V27	566.82			10.80	3.00											
	ROTORES	V28	566.82			10.80	3.00											
VIII	ROTORES	V29	931.98	2332.11	5.10	18.00	5.00	42.84	11.90	18.37	7.10	1	7.10	0.39	23.18	30.00	21.42	
	ROTORES	V32	786.12			13.32	3.70											
	ROTORES	V33	614.01			11.52	3.20											
VIII	ROTORES	V30	1125	1482.81	8.05	32.18	8.94	42.98	11.94	28.99	7.10	1	7.10	0.24	14.69	20.00	14.33	244.81
	ROTORES	V31	357.81			10.80	3.00											

VII	ROTORES	V25	561.66	2730.1	4.40	10.80	3.00	43.20	12.00	15.82	7.10	1	7.10	0.45	26.91	30.00	21.60	244.81
	ROTORES	V26	1034.8			10.80	3.00											
	ROTORES	V27	566.82			10.80	3.00											
VIII	ROTORES	V28	566.82	2332.11	5.10	10.80	3.00	42.84	11.90	18.37	7.10	1	7.10	0.39	23.18	30.00	21.42	
	ROTORES	V29	931.98			18.00	5.00											
	ROTORES	V32	786.12			13.32	3.70											
VIII	ROTORES	V33	614.01	1482.81	8.05	11.52	3.20	42.98	11.94	28.99	7.10	1	7.10	0.24	14.69	20.00	14.33	
	ROTORES	V30	1125			32.18	8.94											
	ROTORES	V31	357.81			10.80	3.00											
IX	ROCIADORES	V34	359.49	1253.31	9.42	9.36	2.60	42.48	11.80	33.89	7.10	1	7.10	0.21	12.56	15.00	10.62	
	ROCIADORES	V35	343.11			11.16	3.10											
	ROCIADORES	V36	185.3			7.56	2.10											
	ROCIADORES	V37	365.41			14.40	4.00											
x	GOTEO	V51	-	-	-	20.88	5.80	36.00	10.00	10.00	4.19	1	4.19	0.42	25.11	30.00	18.00	
	GOTEO	V50	-			15.12	4.20											
XI	GOTEO	V42	-	-	-	2.70	0.75	36.00	10.00	10.00	4.19	1	4.19	0.42	25.11	30.00	18.00	
	GOTEO	V43	-			11.34	3.15											
	GOTEO	V44	-			9.00	2.50											
	GOTEO	V45	-			3.60	1.00											
	GOTEO	V46	-			2.88	0.80											
	GOTEO	V68	-			2.88	0.80											
	GOTEO	V69	-			3.60	1.00											
XII	GOTEO	V47	-	-	-	3.60	1.00	43.20	12.00	10.00	4.19	1	4.19	0.42	25.11	30.00	21.60	
	GOTEO	V48	-			3.60	1.00											
	GOTEO	V49	-			3.60	1.00											
	GOTEO	V52	-			16.56	4.60			10.00	4.19	1	4.19	0.42	25.11	30.00	0.00	
	GOTEO	V53	-			2.88	0.80											
	GOTEO	V54	-			6.48	1.80											
	GOTEO	V55	-			6.48	1.80											
XIII	GOTEO	V59	-	-	-	6.48	1.80	41.40	11.50	10.00	4.19	1	4.19	0.42	25.11	30.00	20.70	
	GOTEO	V60	-			6.48	1.80											
	GOTEO	V61	-			4.14	1.15											
	GOTEO	V62	-			4.14	1.15											
	GOTEO	V63	-			10.08	2.80											
	GOTEO	V64	-			10.08	2.80											
XIV	GOTEO	V56	-	-	-	4.32	1.20	41.40	11.50	10.00	4.19	1	4.19	0.42	25.11	3.00	2.07	
	GOTEO	V57	-			7.92	2.20											
	GOTEO	V58	-			10.80	3.00											
	GOTEO	V65	-			3.60	1.00											
	GOTEO	V66	-			12.60	3.50											
	GOTEO	V67	-			2.16	0.60											

Fuente: Elaboración Propia

4.2. AUTOMATIZACIÓN DE RIEGO

La automatización del proyecto se realizará a través de un controlador de riego ESP-LXD, De la marca RAIN BIRD, de procedencia Americana. El cual posee como ventaja que la interfaz de comunicación entre el controlador central y los decodificadores distribuidos en campo es el cable eléctrico de 2 hilos, lo cual nos permite trabajar con mayor seguridad de que el sistema NO fallará por pérdida de presión hidráulica, ni problemas en subir grandes pendientes, así también este controlador se encarga del encendido de bombas principales y control de sensores. Las condiciones propias del campo, en función básicamente a la extensión del condominio, buscaba la innovación de las técnicas de automatización hasta ahora conocidas en la zona, la experiencia de llevar la señal de automatización a lo largo del condominio mediante cables eléctricos subterráneos reduce el riesgo que se pueda romper la señal dejando a un sector o varios sectores sin recibir los pulsos de apertura y cierre de válvulas con lo que se generarían sobre presiones en las tuberías matrices y dañaríamos las bombas y componentes del sistema bastante costosos, pero principalmente dejaríamos zonas al condominio sin regar. Así mismo, la posibilidad de utilizar este escenario nos asegura un método más seguro, económico y eficiente a la vez; es por ello que planteamos la automatización de válvulas en campo a través de un sistema de automatización con interfaz de ESP-LXD y función control de flujo.

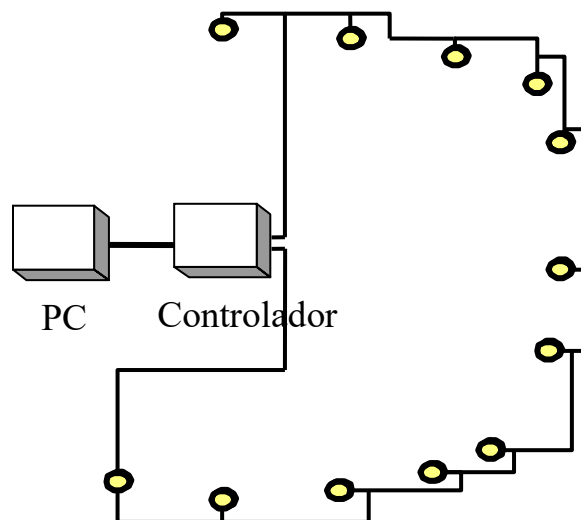


Figura N° 19. Sistema Cableado de dos Hilos – Interface de comunicación

4.2.1. Ajustes Iniciales

a) Configuración de tipo de válvula



Figura N°20. Válvula MOD PGA y decodificador

b) Ingreso De Válvula Maestra

El ESP-LXD admite hasta 5 válvulas maestras o bombas. Cada VM debe estar conectada a un decodificador de campo y estar configurada en el controlador. Se admiten tanto las válvulas normalmente abiertas como las normalmente cerradas. Las bombas están configuradas en el controlador como válvulas maestras.



Figura N° 21. Conexión al relé de arranque de bomba 24 VAC – CODIGO 29871

c) Configuración De Estaciones:

Para el caso del Proyecto Alto Bujama, se trabajó con las funciones de gestión de Caudal FLOWATCH. Al ser un proyecto de gran magnitud y de áreas variables, las mejores opciones para programación del sistema con el interface fueron: Prioridad de estación y Programas. Ver ANEXO 4.



Figura N° 22. Configuración de estación N°6

d) Asignación Válvula Maestra y Flozone

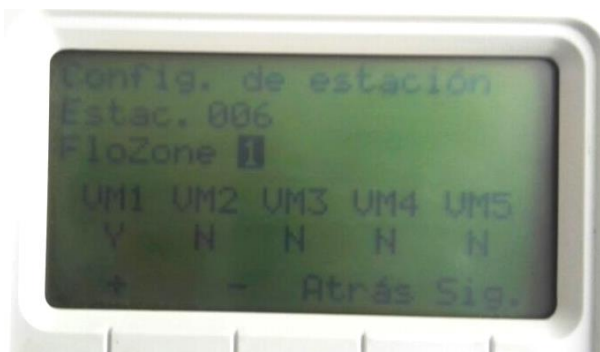
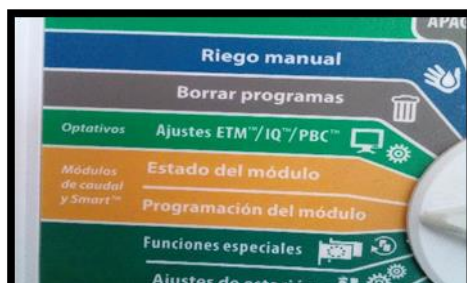


Figura N° 23. Configuración de estación N°6

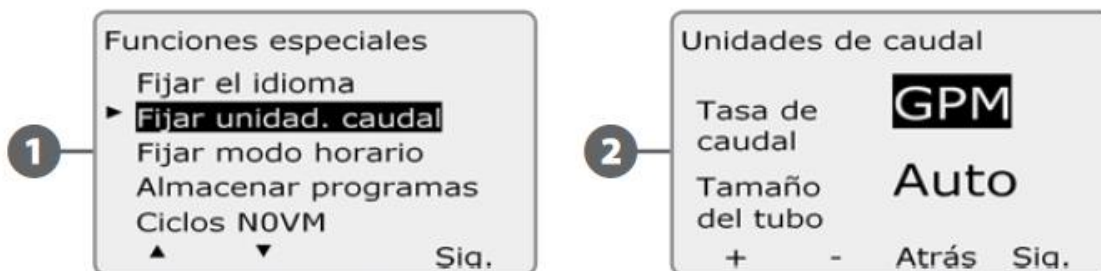
4.2.1. Módulo de programación avanzada

a) FloManager

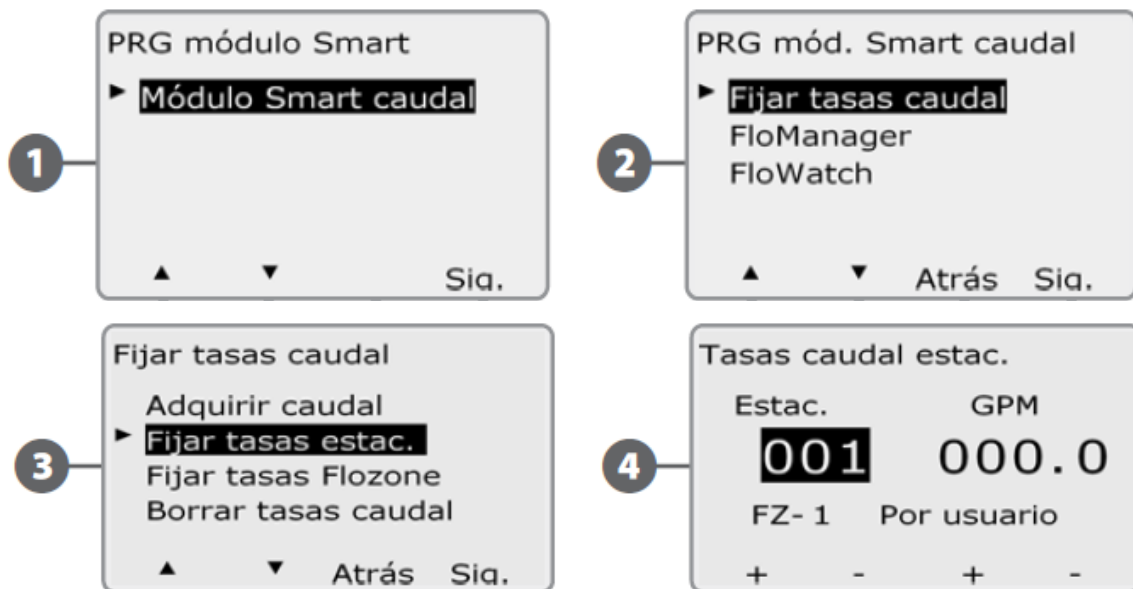
1. Fijar unidades de Caudal: Para utilizar FloManager o FloWatch con el controlador ESP-LXD, antes necesita fijar las unidades de medida para la gestión del caudal.



La Tasa de Caudal será en LPS y el Tamaño del tubo será de 110 mm



2. **Configuración y uso del FloManager:** Las Tasas de Caudal se pueden ver en el Cuadro N°8



- Fijar Tasas de FloZone

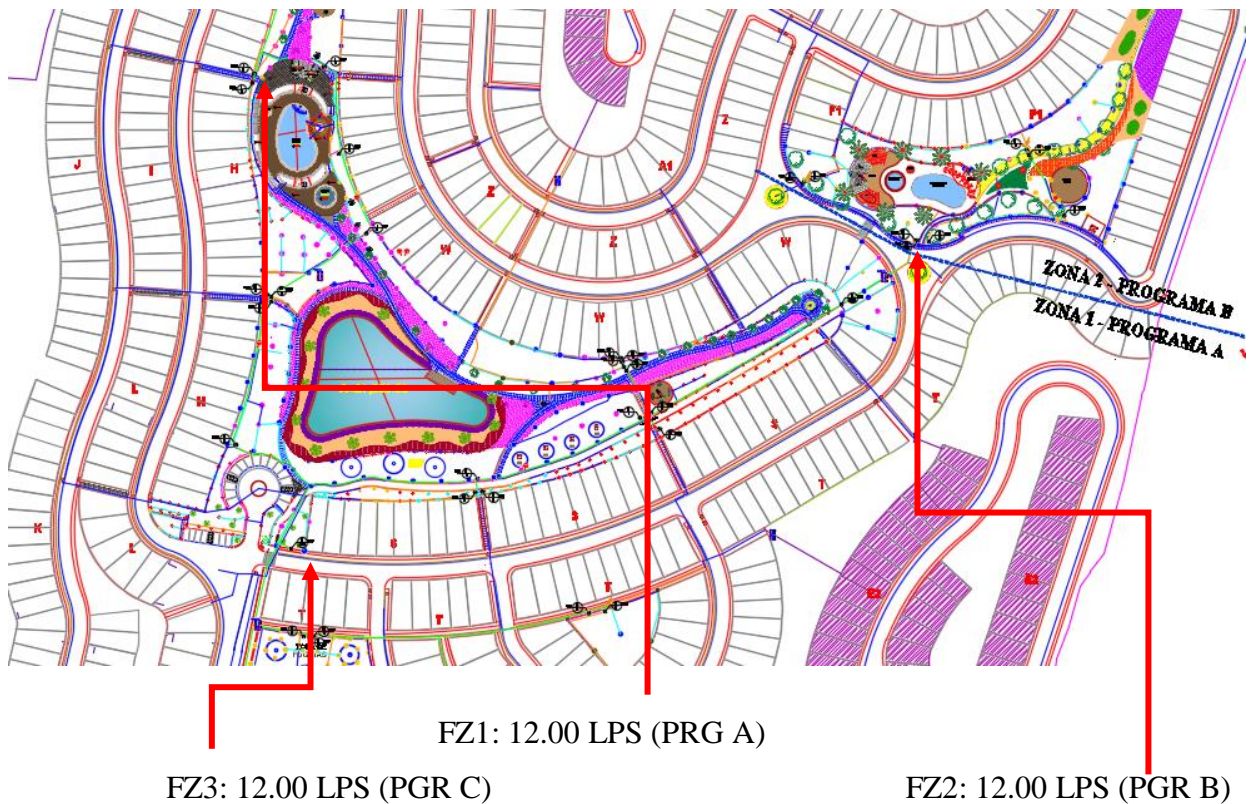


Figura N° 24. Ubicación Zonas de flujo

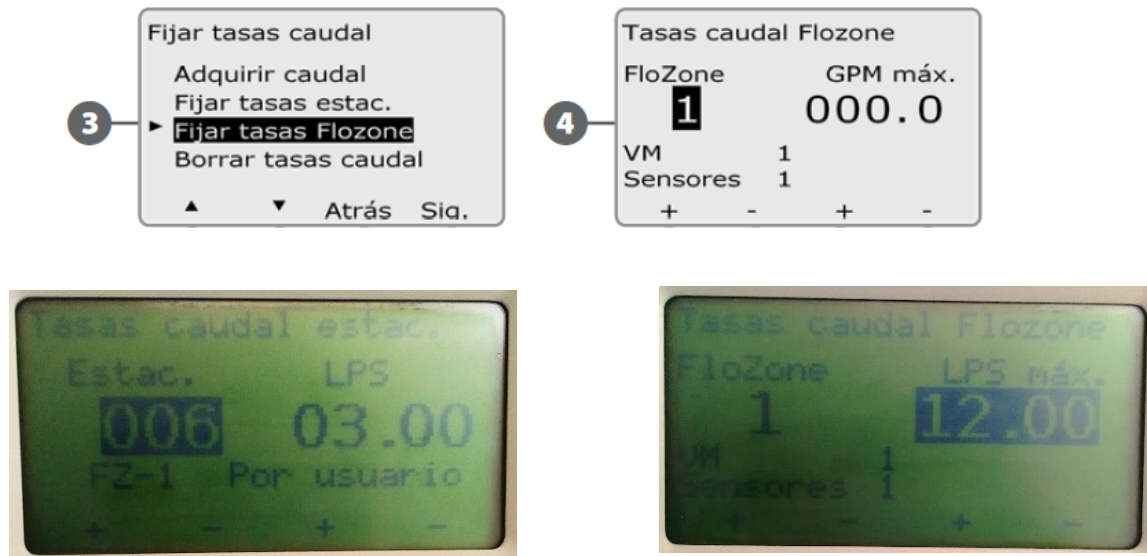


Figura N° 25. Fijar tasas de caudal y FloZone

b) Sensores de Caudal

Entrada De Sensores De Caudal

Todas las entradas de los sensores en los sistemas de dos hilos se hacen a través del decodificador de sensor SD-210. ESP-LXD tiene una entrada de "local" que no requiere un decodificador de sensor. ESP-LXD puede utilizar decodificadores de sensores para leer los sensores de flujo y contactos del interruptor secos, tales como sensores de lluvia.

Los sensores de flujo están dimensionadas para el flujo, no el tamaño de la línea principal.

La velocidad aceptable a través de sensores de flujo:

- 0,15 metros por segundo mínimo
- 6 metros por segundo como máximo

Normalmente las válvulas maestras abiertas o normalmente cerradas se pueden utilizar para la desconexión de riego en caso de saltos de línea principales.

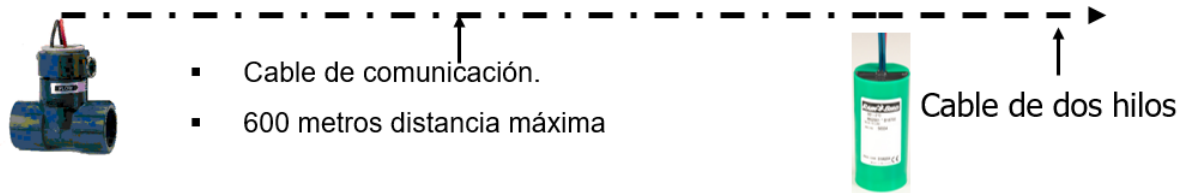
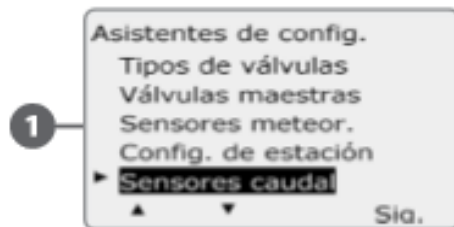


Figura N° 26. Conexión SD-210 a Sensor de Caudal

Configuración Del Sensor De Caudal

Los sensores de caudal no son obligatorios para el controlador ESP-LXD, pero mejoran la funcionalidad alertándolo de tasas de caudal anormalmente altas o bajas e incluso cerrando las válvulas maestras o estaciones si las tasas de caudal superan los umbrales establecidos. El controlador ESP-LXD admite hasta cinco sensores de caudal.



1) Asistente de configuración/Sensor de Caudal



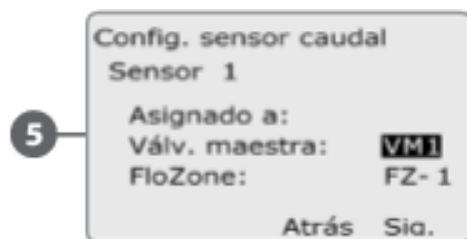
2) Número de sensor de caudal



3) Dirección del decodificador SD-201



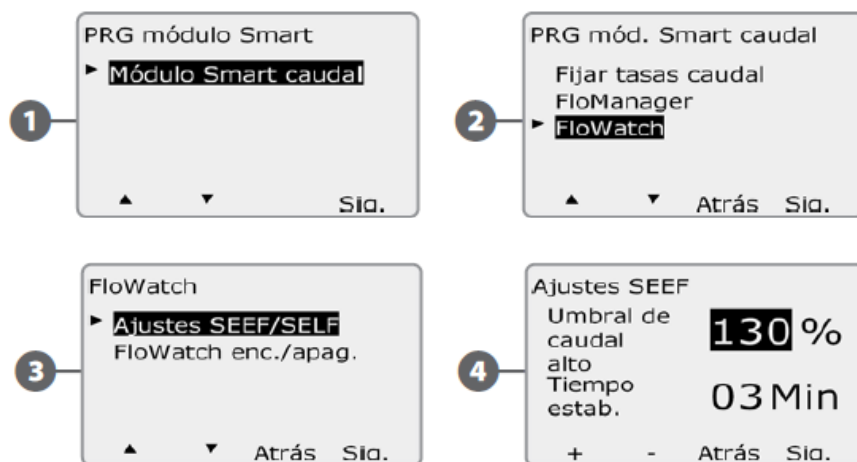
4) Seleccionar tipo de Sensor de caudal



5) Configuración del sensor de caudal

c) Activación del FloWatch

Para utilizar FloWatch de la forma más eficaz, primero querrá ajustar los umbrales y acciones de SEEF y SELF. SEEF es el acrónimo de “Seek and Eliminate Excessive Flow” (buscar y eliminar exceso de caudal) y se ocupa de la forma en la usted desea que el controlador responda a un caudal excesivo, como ocurriría en el caso de la rotura de una tubería principal o de una válvula que está atascada en la posición de apertura.



El caudal de operación para el sistema de riego es de 12.00 l/s, pero si revisamos el Cuadro N°8 veremos que los caudales en realidad tiene un rango de operatividad de 10.00 l/s y 13.33 l/s. Es decir tenemos una variación de caudales de 20% menos del caudal de diseño y 10% más adicional. Debemos tener en cuenta que si los valores que se configuran son muy ajustados, el controlador tendrá las siguientes opciones de control:

- Diagnosticar y eliminar
- Apagar y alarma
- Solo alarma

Para evitar alarmas continuas el nivel SELF será 30% menos a 12.00 l/s, es decir el caudal podrá reducir hasta el **80%** (9.6 l/s) para realizar la función de apagado y alarma. Y en ajustes SEEF se coloca en **110%** (13.33 l/s) para apagado y alarma.

d) **Simulstations**

Indica el número máximo de estaciones por programa que puede funcionar. Esto puede resultar beneficioso en el caso de sistemas con una fuente de agua limitada y ayuda a garantizar la distribución uniforme del agua. (Anexo 4)



En el Anexo 4. Se observan las agrupaciones de válvulas dentro de los programas y un máximo de estaciones según caudales.



Figura N° 27. Estaciones simultaneas configuradas

e) Ajuste Estacional

El consumo de agua durante todo el año no es igual. Por diseño, se considera el mayor como base para realizar los diferentes cálculos de tiempo y caudales. Pero tenemos la variación climática en temporadas tales como verano e invierno cuyos valores de consumo de agua aumentan y disminuyen respectivamente. Con los datos de ETo, se determina la variación estacional que se configurarán en el programador.

Cuadro N° 10: Ajuste Estacional

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
ETo (mm/día)	4.48	4.62	4.61	4.02	3.24

REFERENCIA AL MÁXIMO	0.97	1.00	1.00	0.87	0.70
4.62					

AJUSTE ESTACIONAL	100%		90%	70%
----------------------	------	--	-----	-----

	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ETo (mm/día)	2.33	2.48	2.69	2.97	3.72	4.01	4.30

REFERENCIA AL MÁXIMO	0.50	0.54	0.58	0.64	0.81	0.87	0.93
4.62							

AJUSTE ESTACIONAL	50%		70%	80%	90%
----------------------	-----	--	-----	-----	-----

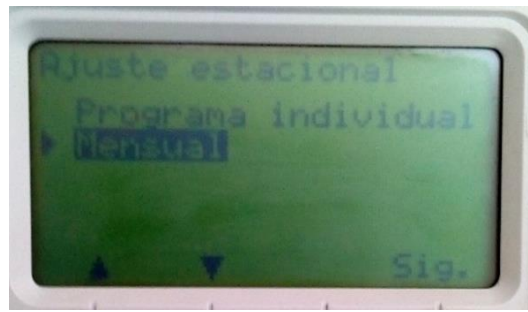


Figura N° 28. Configuración Estacional

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EVALUACIÓN DEL SISTEMA AUTOMÁTICO:

Como respuesta a la activación de la opción CONTROL DE FLUJO, los datos se recopilaron durante un año de funcionamiento del programador dentro del CONDOMINIO, es así que se realiza el análisis de Consumo de agua. Se obtienen los siguientes resultados:

Cuadro N° 11: Recopilación de datos – Proyecto Alto Bujama

DATOS RECOPIRADOS	Ene-16	Feb-16	Mar-16	Abr-16	May-16	Jun-16
Consumo esperado (m3/MES)	6422.29	5982.06	6608.66	5576.96	4644.69	3232.42
Consumo Real Proyectado (m3/MES)	7692.65	6948.2	7692.65	7444.50	7692.65	7444.5
Consumo Control de Flujo (m3/MES)	6492.443	6203.75	6700.05	4490.522	4863.74	3225.95

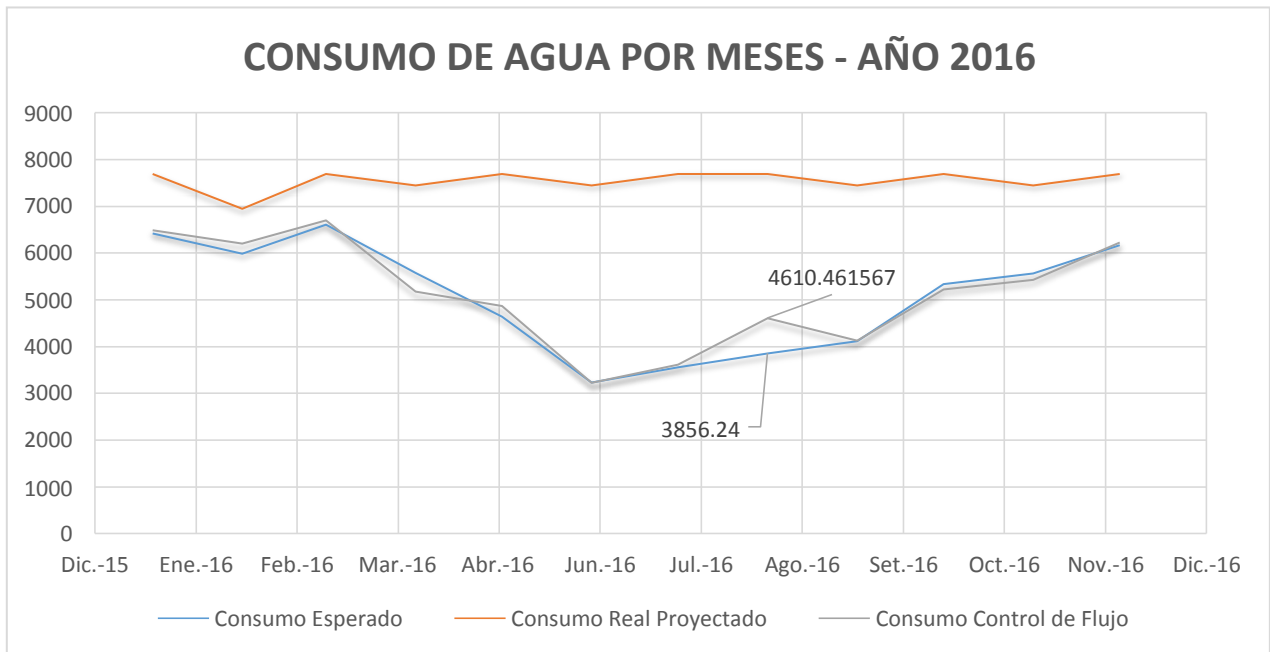
Ajustes SEEF/SELF	1.01	1.04	1.01	0.93	1.05	1.00
-------------------	------	------	------	------	------	------

DATOS RECOPIRADOS	Jul-16	Ago-16	Set-16	Oct-16	Nov-16	Dic-16
Consumo esperado (m3/MES)	3555.2	3856.24	4120.29	5332.8	5563.09	6164.26
Consumo Real Proyectado (m3/MES)	7692.65	7692.65	7444.5	7692.65	7444.5	7692.65
Consumo Control de Flujo (m3/MES)	3618.027	4610.462	4129.216	5226.039	5432.084	6231.047

Ajustes SEEF/SELF	1.02	1.20	1.00	0.98	0.98	1.01
-------------------	------	------	------	------	------	------

Los datos se comparan mediante un gráfico para analizar el comportamiento del flujo.

GRÁFICO N°1: CONSUMO DE AGUA EN EL PERIODO 2016



DISCUSIÓN DE RESULTADOS:

Los resultados obtenidos con el riego con la activación de las funciones FloWatch y FloManager nos dieron resultados favorables con referencia a la simulación del consumo real proyectado. Se observa que el ahorro de agua durante los meses entre Enero y Diciembre es de aproximadamente 28,660.57 m³/año. Si bien en los meses de Enero y Febrero el consumo debió ser igual al PROYECTADO, ya que en este periodo la ETo es máximo y para cumplir con las necesidades mínimas requeridas el consumo debió ser el proyectado, debemos recordar que es un sistema que es de fácil manipulación y por ser temporada de verano, en el cual la presencia de personas dentro de las áreas verdes obligaban al operador en cancelar el riego durante los fines de semana. En general este sistema disminuyo el consumo proyectado y en consecuencia el costo del agua tuvo un ahorro.

En el mes de Agosto se ve un consumo mucho mayor a lo esperado, lo cual representó una falla de sistema. La alarma SEEF emitió una alarma general de un consumo en exceso de 10%.

VI. CONCLUSIONES

- La instalación de la automatización nos permite un ahorro de agua, utilizando el sistema Control de Flujo, de 28,660.57 M3 (31.6% de ahorro con respecto a la cantidad real proyectada en el diseño). Por ende, el condominio tiene un ahorro económico de S/ 229,284.56 (Dos cientos veinte y nueve mil doscientos ochenta y cuatro con 56/100 soles) anuales, debido a la disminución de consumo de agua.
- La instalación del programador ESP-LXD es sencilla, fácil de programar y de operar, la flexibilidad para expandir la cantidad de válvulas y en largas distancias (aproximadamente 11 km) facilita el control del uso del agua, ya que se tiene la información del sistema de riego en un solo punto, reduciendo el tiempo y costo de los operarios.
- La instalación del sensor de flujo funcionó de manera aceptable, al recopilar valores muy aproximados a los que normalmente entregan los sensores de alta precisión, con la información recopilada en el sistema se puede comprobar que está funciona en tiempo real ya que el intervalo en el envío y recepción de los pulsos de apagado por SEEF y SELF el tiempo es aproximadamente 45 segundos. La aplicación de la función especial FloManager incorporado al sistema, mejoró las funciones básicas de gestión hidráulica para garantizar la suficiente presión y volumen de agua para el riego en todas las situaciones. Por eso es importante conocer los componentes de la fuente de presión, y los parámetros de operación del sistema. La función FloWatch es quien libera la potencialidad del sistema, su activación complementa al FloManager para establecer los límites de consumo de agua en la FloZone. Solo así el controlador de Flujo Rain Bird puede gestionar las necesidades óptimas del riego.
- Se determina que la variación de caudales no debe variar dentro de los límites de lo diseñado, para que el programador pueda tener lecturas a tiempo reales y exactas en necesario darle un

margen de operación de mínimo del 20% menos al caudal mínimo y un 10% más al caudal máximo.

- Los resultados iniciales del sistema automático de riego avanzado son satisfactorios, no obstante, el tiempo es un factor crítico. El deterioro de los equipos debe tener un control periódico (válvula, equipos de bombeo, emisores), unas pautas adecuadas de mantenimiento, reemplazo y manejo de equipos son absolutamente necesarias para obtener buenos resultados productivos.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda supervisar el buen funcionamiento de los aspersores, para reducir el desperdicio y consumo de agua para que los datos recolectado del controlador de flujo sean lo más real posible. Para conseguirlos basta con realizar un control de la instalación, que permite determinar cuáles son las prestaciones (presiones de funcionamiento, caudales, uniformidad, anchura y profundidad de los bulbos, alcances, obturaciones, etc.)

No se deberá reutilizar ningún tipo de equipo, se deberá evitar todo tipo de equipo dañado ya que el programador ESP-LXD identificará pérdida de agua por aspersores. Es recomendable reemplazar el equipo por uno de las mismas especificaciones. Debe realizarse rápidamente para evitar alarmas innecesarias y/o cancelación de los programas actuales de riego.

Realizar capacitación para los encargados del condominio para realizar un adecuado mantenimiento de la instalación es necesario, en primer lugar, conocer los parámetros reales de funcionamiento ya que si desean ampliar las áreas verdes, tenga en cuenta las modificaciones en el controlador de flujo, funciones FloWatch, FloManager, FloZone y/o Ajuste SEEF y SELF. Así lograr buen uso del dispositivo a manejar y alargar de esta manera la vida útil de estos dispositivos.

Es recomendable revisar periódicamente las tablas de datos de entrada, los procedimientos de configuración de interface y seguir paso a paso, sin excepción, los procedimientos a seguir. Es importante, interpretar las reacciones del programador a cualquier manipulación del sistema.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA

ADRIANA GÓMEZ ENRÍQUEZ, HERNÁN ROJAS PALACIOS, FRANCO ALIRIO VALLEJO CABRERA, EDGAR IVÁN ESTRADA SALAZAR, 2010.- Determinación del requerimiento hídrico del pimentón en el municipio de Candelaria, departamento del Valle del Cauca. Universidad Nacional de Colombia. A.A. 237, Palmira. Valle del Cauca. Colombia.

ARVIZA, J., DE PACO J., MONTALVO T., TORREGROSA J., 1987.- Evaluación de instalaciones de riego localizado en la Comunidad Valenciana. Dpto. de Ingeniería Agroforestal. Univ. Politécnica de Valencia.

FERRER TALON P.J., 1991.- Evaluación y control de instalaciones de riego localizado. II Curso de riego localizado E.U.I.T.A. Valencia.

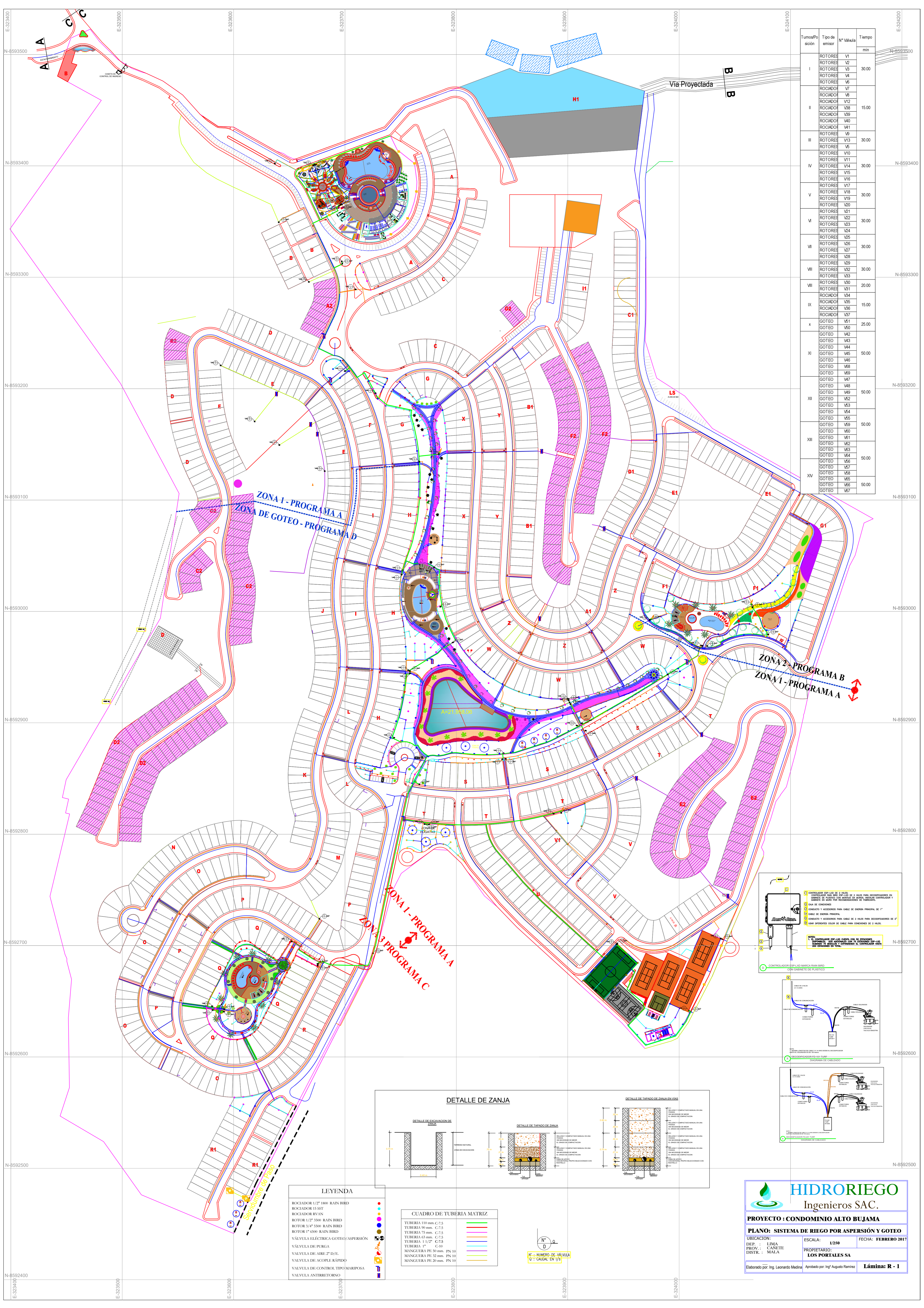
FERRER TALON P.J., 1998.- Necesidades de agua - Dotaciones. III Congrés Citrícola de l'Horta Nord. Ayuntamiento de Picassent (Valencia).

http://www.rainbird.com/documents/turf/man_ESP-LXD2-WireDecoderSystemDesignGuide_es.pdf, RAIN BIRD., 2013. - Guía de diseño, instalación, funcionamiento y programación del sistema decodificador de 2 cables ESP-LXD. California, USA.

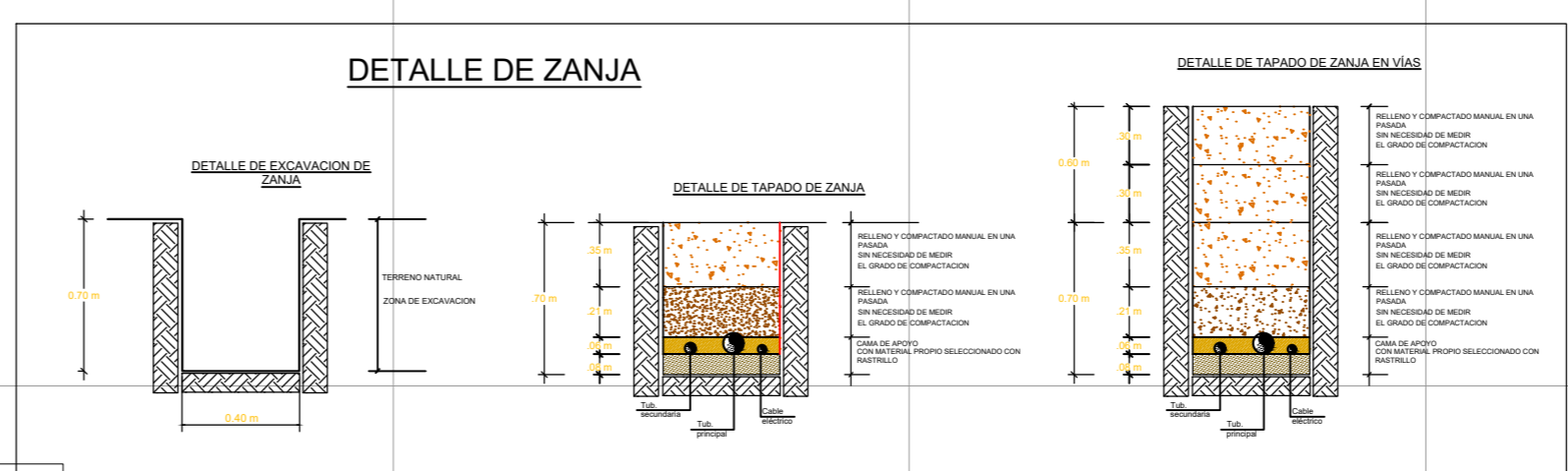
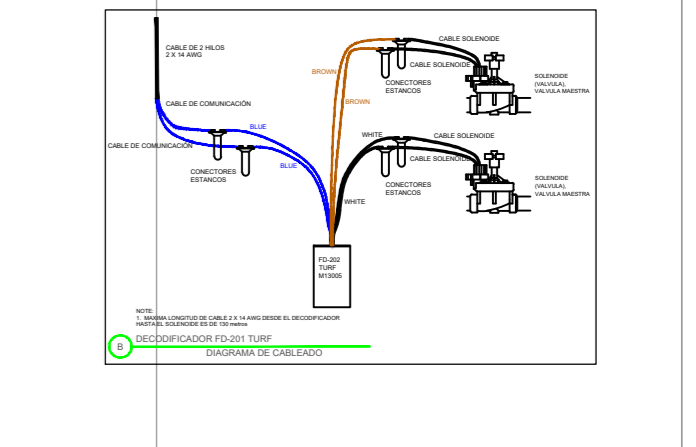
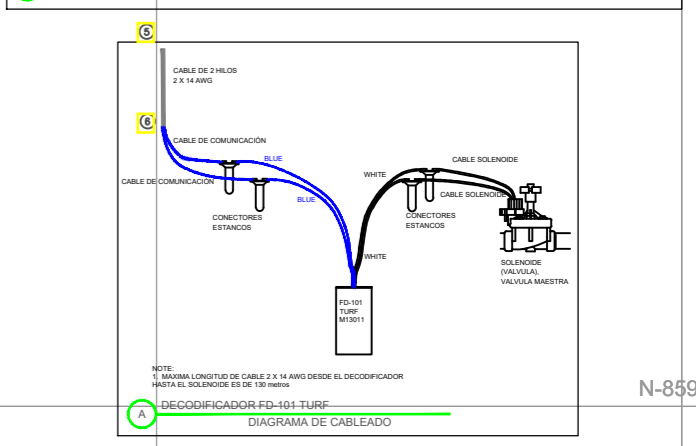
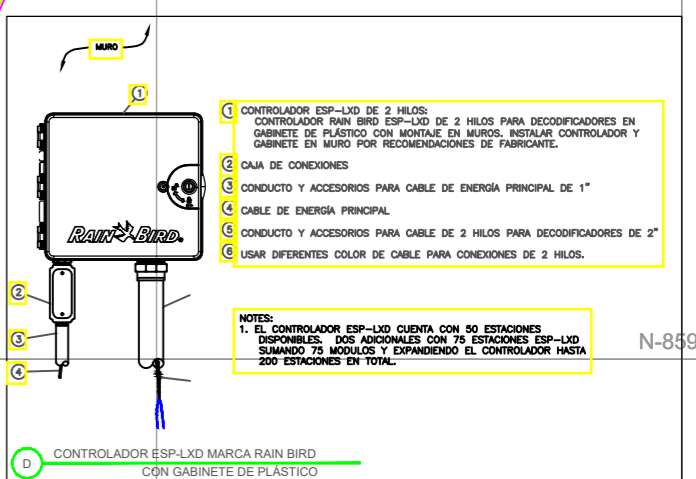
LAURENCE R.COSTELLO, NELDA P.MAYNHENY y JAMES R.CLARK., 1991.- Estimación de las necesidades hídricas de las plantas de jardín. El método del coeficiente de jardín. Universidad de California, División de Agricultura y Recursos Naturales.

PILAR GIL, GABRIEL SELLÉS, RAÚL FERREYRA. 1999. Programación del riego en paltos y cítricos. Capítulo 1. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Chile

ANEXOS



TurboPulsión	Tipo de emisor	N° Válvula	Tiempo min
I	ROTORES	V1	30.00
	ROTORES	V2	
	ROTORES	V3	
	ROTORES	V4	
II	ROTORES	V5	15.00
	ROTORES	V6	
	ROTORES	V7	
	ROTORES	V8	
III	ROTORES	V9	30.00
	ROTORES	V10	
	ROTORES	V11	
	ROTORES	V12	
IV	ROTORES	V13	30.00
	ROTORES	V14	
	ROTORES	V15	
	ROTORES	V16	
V	ROTORES	V17	30.00
	ROTORES	V18	
	ROTORES	V19	
	ROTORES	V20	
VI	ROTORES	V21	30.00
	ROTORES	V22	
	ROTORES	V23	
	ROTORES	V24	
VII	ROTORES	V25	30.00
	ROTORES	V26	
	ROTORES	V27	
	ROTORES	V28	
VIII	ROTORES	V29	30.00
	ROTORES	V30	
	ROTORES	V31	
	ROTORES	V32	
IX	ROTORES	V33	15.00
	ROTORES	V34	
	ROTORES	V35	
	ROTORES	V36	
X	GOTEO	V37	25.00
	GOTEO	V38	
	GOTEO	V39	
	GOTEO	V40	
XI	GOTEO	V41	50.00
	GOTEO	V42	
	GOTEO	V43	
	GOTEO	V44	
XII	GOTEO	V45	50.00
	GOTEO	V46	
	GOTEO	V47	
	GOTEO	V48	
XIII	GOTEO	V49	50.00
	GOTEO	V50	
	GOTEO	V51	
	GOTEO	V52	
XIV	GOTEO	V53	50.00
	GOTEO	V54	
	GOTEO	V55	
	GOTEO	V56	

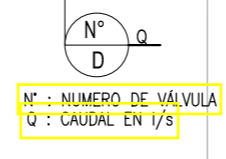


LEYENDA

- ROCIADOR 1/2" 1800 RAIN BIRD
- ROCIADOR 15 SST
- ROCIADOR RYAN
- ROTOR 1/2" 3500 RAIN BIRD
- ROTOR 3/4" 5500 RAIN BIRD
- ROTOR 1" 6500 RAIN BIRD
- VÁLVULA ELÉCTRICA GOTEO/ASPERSIÓN
- VÁLVULA DE PURGA
- VÁLVULA DE AIRE 2" D/E
- VÁLVULA DE ACOPLE RÁPIDO
- VÁLVULA DE CONTROL TIPO MARIPOSA
- VÁLVULA ANTIRRETORNO

CUADRO DE TUBERÍA MATRIZ

TUBERÍA 100 mm. C-7.5	—
TUBERÍA 90 mm. C-7.5	—
TUBERÍA 75 mm. C-7.5	—
TUBERÍA 63 mm. C-7.5	—
TUBERÍA 1 1/2" C-7.5	—
TUBERÍA 1" C-10	—
MANGUERA PE 50 mm. PN 10	—
MANGUERA PE 32 mm. PN 10	—
MANGUERA PE 20 mm. PN 10	—



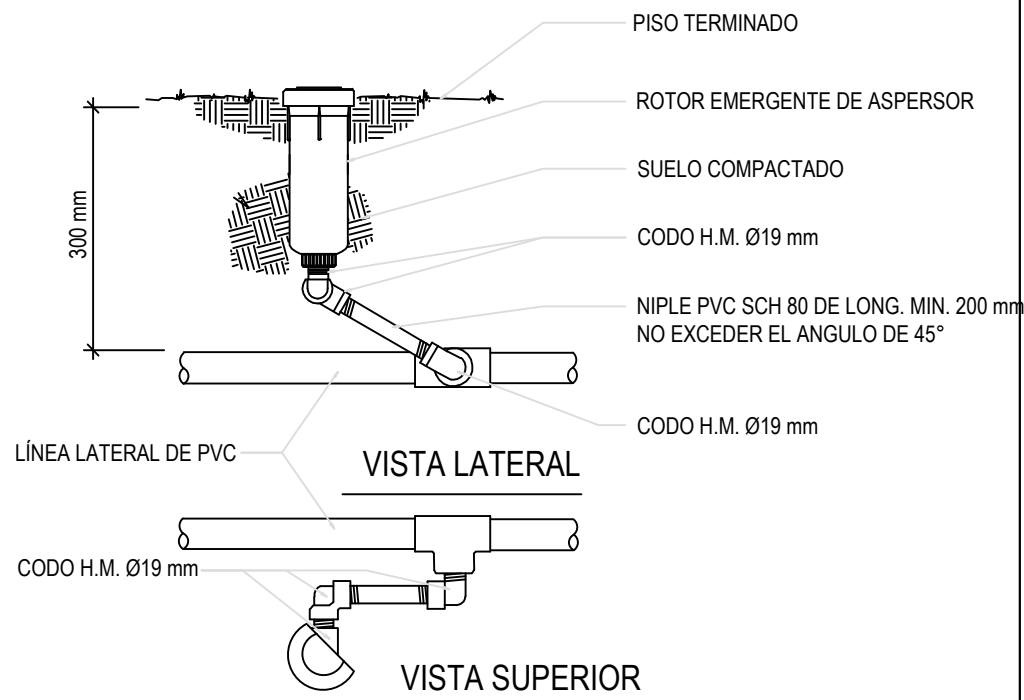
HIDROIRIEGO
Ingenieros SAC.

PROYECTO : CONDOMINIO ALTO BUJAMA

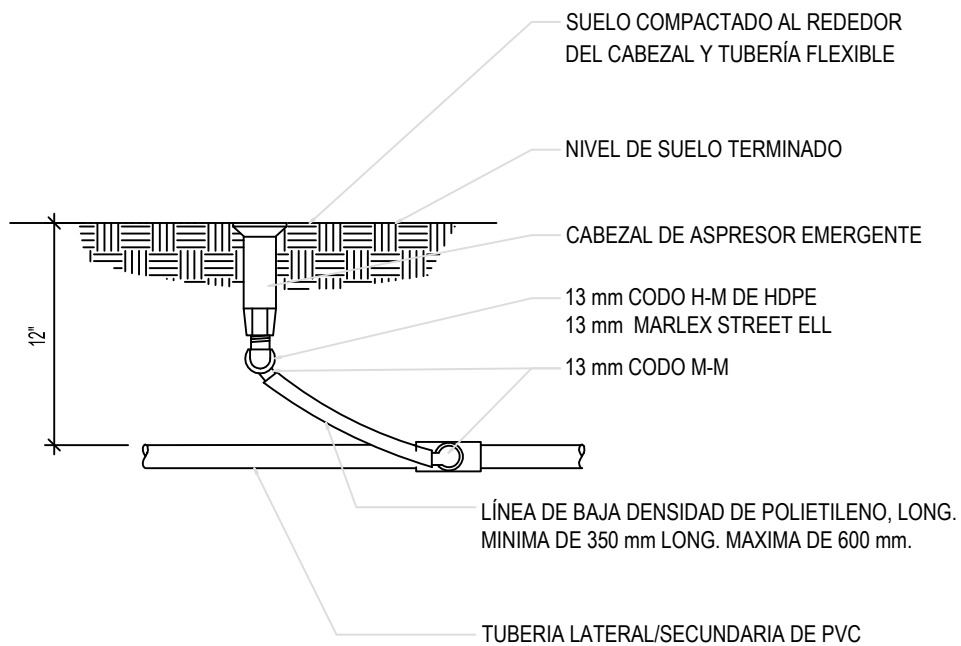
PLANO : SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN Y GOTEO

UBICACIÓN: ESCALA: 1/250 FECHA: FEBRERO 2017
 DEP.: LIMA PROV.: CAÑETE PROPRIETARIO: LOS PORTALES SA
 DISTR.: MALA

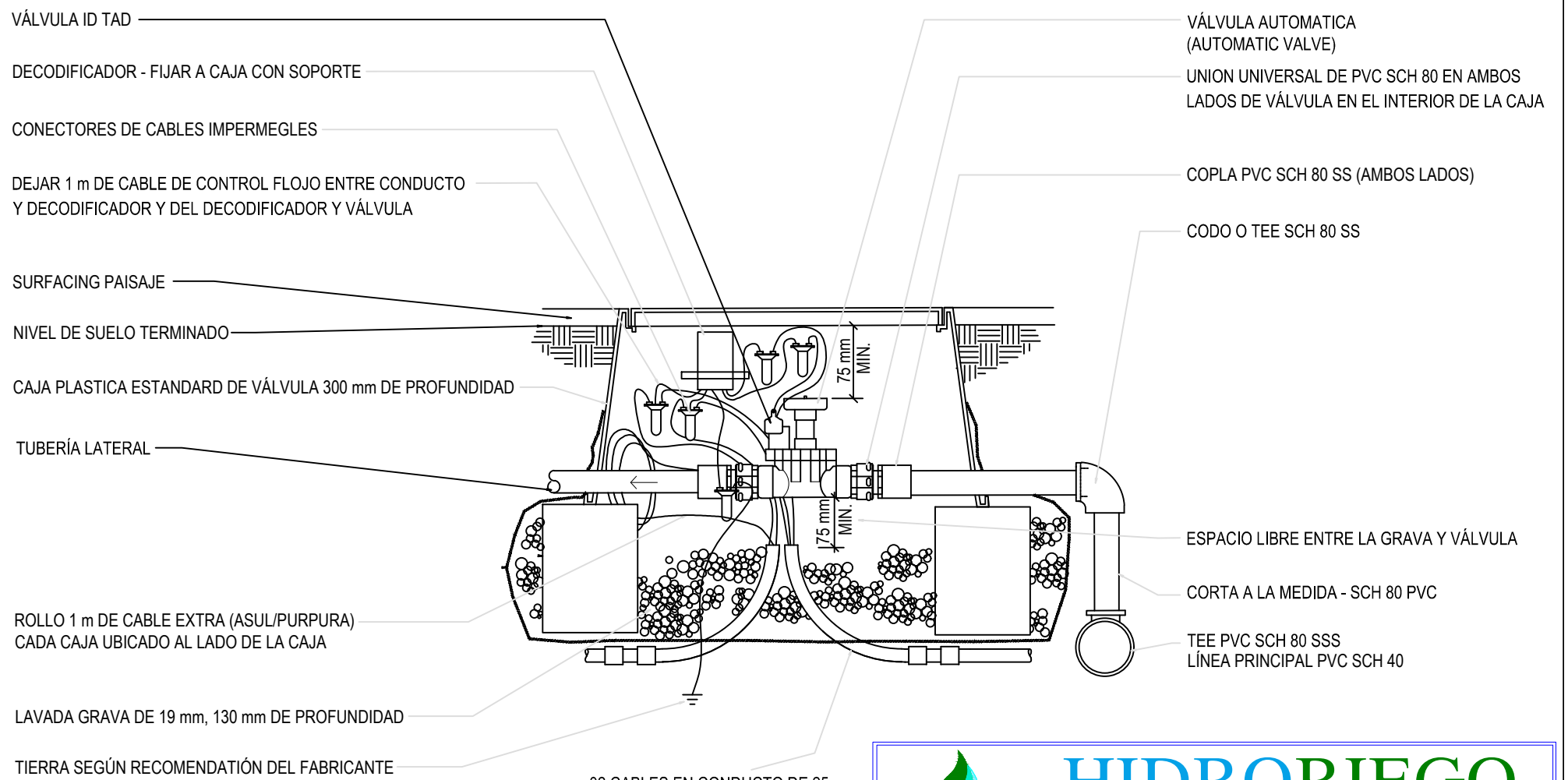
Elaborado por: Ing. Leonardo Medina Aprobado por: Ing. Augusto Ramirez **Lámina: R - 1**



A2 CABEZAL DE ROTOR EMERGENTE



A3 ENSAMBLE DE ROTOR Y ASPERSOR



A1 VÁLVULA AUTOMÁTICA CON SISTEMA DOS-CABLES

HIDRORIEGO

Ingenieros SAC.

PROYECTO : CONDOMINIO ALTO BUJAMA

PLANO: DETALLE INSTALACIÓN DE VALVULA Y EMISORES

UBICACION:	ESCALA: 1/250	FECHA: FEBRERO 2017
DEP. : LIMA	PROPIETARIO: LOS PORTALES SA	
PROV. : CAÑETE		
DISTR. : MALA		
Elaborado por: Ing. Leonardo Medina		Aprobado por: Ing° Augusto Ramirez

Lámina: R - 2

ANEXO N°3 DETERMINACIÓN DEL ETo

Monthly ETo Penman-Monteith - untitled

Country: PERU Station: LA CAPILLA 2

Altitude: 442 m. Latitude: 12.52 °S Longitude: 76.49 °W

Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m ² /day	mm/day
January	17.0	32.9	81	233	5.3	18.5	4.48
February	19.8	33.8	78	198	5.5	18.7	4.62
March	19.8	34.9	79	198	5.5	17.9	4.61
April	17.4	32.4	81	198	5.7	16.7	4.02
May	14.8	31.8	82	172	4.0	12.7	3.24
June	12.8	27.4	81	138	1.9	9.4	2.33
July	13.0	28.2	81	172	1.6	9.2	2.48
August	12.6	26.6	79	198	1.6	10.2	2.69
September	13.1	28.2	82	198	2.0	12.0	2.97
October	13.6	29.1	74	198	3.1	14.5	3.72
November	13.7	31.0	81	233	4.0	16.3	4.01
December	15.4	31.8	80	233	4.8	17.6	4.30
Average	15.3	30.7	80	197	3.8	14.5	3.62

Fuente: Estación Meteorológica LA CAPILLA 2- Senamhi

ANEXO N°4. CÁLCULO DE LA DEMANDA HÍDRICA ZONA DE GRASS

Kc	0.8
Ke	1
Km	1.2

CULTIVO	ÁREA (ha)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CESPED (TURF GRASS)	2.31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AREA TOTAL	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31
Kc Promedio		0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
ETo (mm/día)		4.48	4.62	4.61	4.02	3.24	2.33	2.48	2.69	2.97	3.72	4.01	4.30
ETP (mm/día) (Eto*Kc)		4.30	4.44	4.43	3.86	3.11	2.24	2.38	2.58	2.85	3.57	3.85	4.13
P.Efectiva (mm/día)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Necesidades Netas (mm/día)		4.30	4.44	4.43	3.86	3.11	2.24	2.38	2.58	2.85	3.57	3.85	4.13
Eficiencia de Riego (Er)		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Necesidades Totales (mm/día)		5.73	5.91	5.90	5.15	4.15	2.98	3.17	3.44	3.80	4.76	5.13	5.50
Factor de salinidad		1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Necesidades Totales (mm/día)		6.88	7.10	7.08	6.17	4.98	3.58	3.81	4.13	4.56	5.71	6.16	6.60
Demanda Unitaria (m3/ha/día)		68.81	70.96	70.81	61.75	49.77	35.79	38.09	41.32	45.62	57.14	61.59	66.05
Volumen Total (M3/día)		158.96	163.92	163.57	142.64	114.96	82.67	87.99	95.45	105.38	131.99	142.28	152.57
DIAS MES		31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
VOLUMEN TOTAL MENSUAL		4927.68	4589.90	5070.68	4279.08	3563.77	2480.16	2727.83	2958.81	3161.41	4091.74	4268.44	4729.70

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°5. CÁLCULO DE LA DEMANDA HÍDRICA ZONA MIX DE ARBOLES

Kc	0.5
Ke	1.1
Km	1.4

CULTIVO	ÁREA (ha)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MIX DE ÁRBOLES, ARBUSTOS Y CUBRESUELOS	0.99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AREA TOTAL	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
Kc Promedio		0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
ETo (mm/dia)		4.48	4.62	4.61	4.02	3.24	2.33	2.48	2.69	2.97	3.72	4.01	4.30
ETP (mm/dia) (Eto*Kc)		3.45	3.56	3.55	3.10	2.49	1.79	1.91	2.07	2.29	2.86	3.09	3.31
P.Efectiva (mm/dia)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Necesidades Netas (mm/dia)		3.45	3.56	3.55	3.10	2.49	1.79	1.91	2.07	2.29	2.86	3.09	3.31
Eficiencia de Riego (Er)		0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Necesidades Totales (mm/dia)		4.06	4.19	4.18	3.64	2.94	2.11	2.25	2.44	2.69	3.37	3.63	3.90
Factor de salinidad		1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Necesidades Totales (mm/dia)		4.87	5.02	5.01	4.37	3.52	2.53	2.70	2.92	3.23	4.04	4.36	4.67
Demanda Unitaria (m3/ha/dia)		48.70	50.22	50.11	43.70	35.22	25.33	26.96	29.24	32.29	40.44	43.59	46.74
Volumen Total (M3/dia)		48.21	49.72	49.61	43.26	34.87	25.08	26.69	28.95	31.96	40.03	43.16	46.28
DIAS MES		31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
VOLUMEN TOTAL MENSUAL		1494.61	1392.16	1537.98	1297.88	1080.92	752.26	827.37	897.43	958.88	1241.06	1294.65	1434.56

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°6. TABLA DE PRIORIDADES Y PROGRAMAS

Turnos/Posición	Tipo de emisor	N° Válvula	Tiempo	PRIORIDADES	CODIFICACION	PROGRAMA
			min			
I	ROTORES	V1	30.00	ALTA	29874	A
	ROTORES	V2		ALTA	29881	A
	ROTORES	V3		ALTA	29868	A
	ROTORES	V4		ALTA	29878	A
	ROTORES	V6		ALTA	29880	A
II	ROCIADORES	V7	15.00	MEDIA	29873	A
	ROCIADORES	V8		MEDIA	29872	A
	ROCIADORES	V12		MEDIA	29866	A
	ROCIADORES	V38		MEDIA	32656	A
	ROCIADORES	V39		MEDIA		A
	ROCIADORES	V40		MEDIA	31594	A
	ROCIADORES	V41		MEDIA		A
III	ROTORES	V9	30.00	ALTA	29867	A
	ROTORES	V13		ALTA	32682	A
	ROTORES	V5		ALTA	28979	A
IV	ROTORES	V10	30.00	ALTA	32679	A
	ROTORES	V11		ALTA		A
	ROTORES	V14		ALTA	32683	A
	ROTORES	V15		ALTA		A
	ROTORES	V16		ALTA	32681	A
V	ROTORES	V17	30.00	ALTA	32680	A
	ROTORES	V18		ALTA		A
	ROTORES	V19		ALTA	32693	A
	ROTORES	V20		ALTA		A
VI	ROTORES	V21	30.00	ALTA	27248	A
	ROTORES	V22		ALTA	32707	A
	ROTORES	V23		ALTA		A
	ROTORES	V24		ALTA	32710	A
VII	ROTORES	V25	30.00	ALTA	32705	B
	ROTORES	V26		ALTA	32702	B
	ROTORES	V27		ALTA	32699	B
	ROTORES	V28		ALTA		B
VIII	ROTORES	V29	30.00	ALTA	32709	B
	ROTORES	V32		ALTA	32685	B
	ROTORES	V33		ALTA	29865	B
VIII	ROTORES	V30	20.00	ALTA	32691	B
	ROTORES	V31		ALTA	32697	B
IX	ROCIADORES	V34	15.00	MEDIA	32694	C
	ROCIADORES	V35		MEDIA		C

	ROCIADORES	V36		MEDIA		C
	ROCIADORES	V37		MEDIA	32695	C
X	GOTEO	V51	25.00	ALTA	32687	D
	GOTEO	V50		ALTA	29697	D
XI	GOTEO	V42	50.00	BAJA	29869	D
	GOTEO	V43		BAJA	32700	D
	GOTEO	V44		BAJA	32701	D
	GOTEO	V45		BAJA	29870	D
	GOTEO	V46		BAJA	29875	D
	GOTEO	V68		BAJA	32657	D
XII	GOTEO	V69	50.00	BAJA	31595	D
	GOTEO	V47		BAJA	32667	D
	GOTEO	V48		BAJA		D
	GOTEO	V49		BAJA	29876	D
	GOTEO	V52		BAJA	32678	D
	GOTEO	V53		BAJA	29879	D
	GOTEO	V54		BAJA	32692	D
GOTEO	V55	BAJA	D			
XIII	GOTEO	V59	50.00	BAJA	32698	D
	GOTEO	V60		BAJA	32708	D
	GOTEO	V61		BAJA	32690	D
	GOTEO	V62		BAJA	32696	D
	GOTEO	V63		BAJA	32654	D
	GOTEO	V64		BAJA		D
XIV	GOTEO	V56	50.00	BAJA	32706	D
	GOTEO	V57		BAJA	29709	D
	GOTEO	V58		BAJA	32703	D
	GOTEO	V65		BAJA	29877	D
	GOTEO	V66		BAJA	32684	D
	GOTEO	V67		BAJA	29887	D

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°7. FOTOGRAFÍAS



FOTOGRAFÍA N°1: NUCLEO 1 ZONA DE RECUPERACIÓN DE GRASS



FOTOGRAFÍA N°2: ASPERSORES NUCLEO 2 – RIEGO CON ROTORES 3 BARES



FOTOGRAFÍA N°3: CONTROLADOR ESP-LXD



FOTOGRAFÍA N°4: RELÉ ARRANQUE BOMBA – DECODIFICADOR FD-101



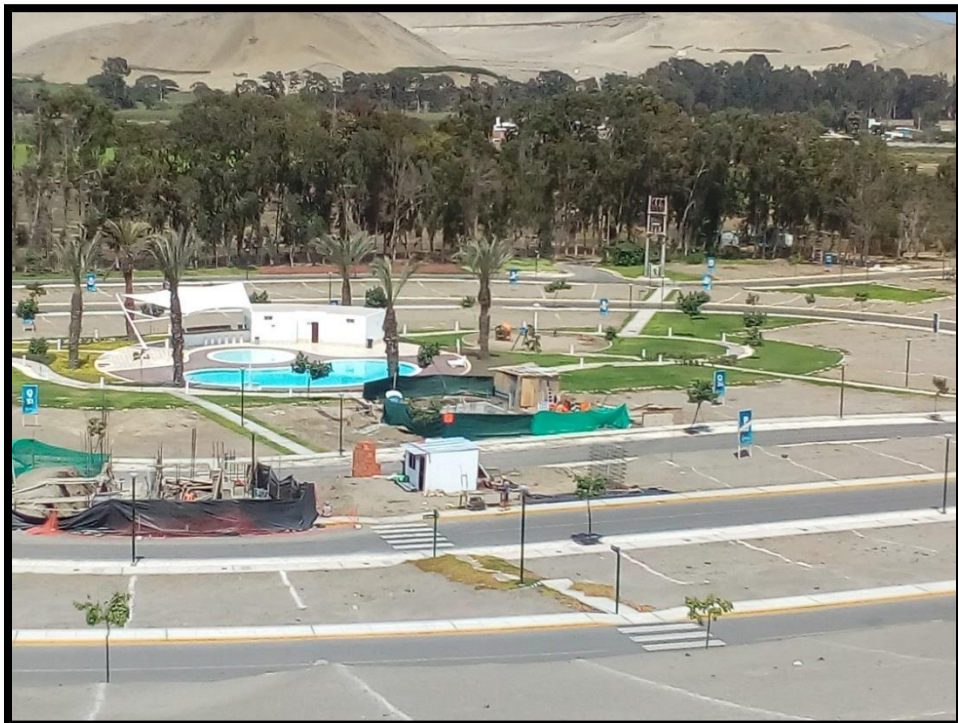
FOTOGRAFÍA N°5: EQUIPO DE BOMBEO - 20 HP – 3 FILTROS ANILLAS



FOTOGRAFÍA N°6: VISTA A LAGUNA ARTIFICIAL – FUENTE DE AGUA



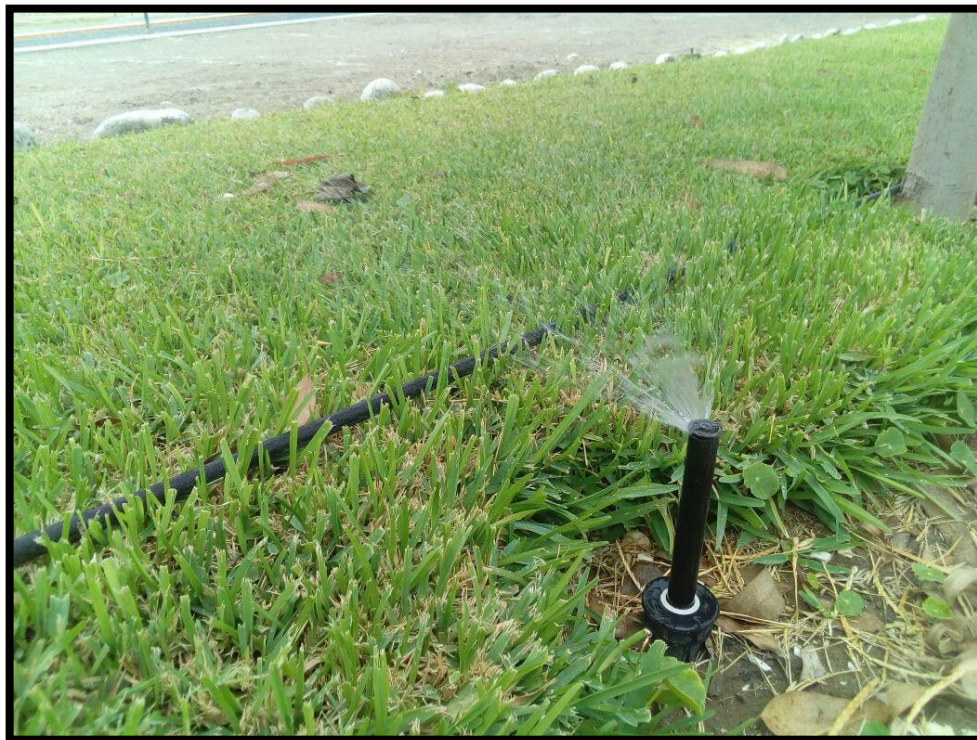
FOTOGRAFÍA N°7: PROYECTO ARBORIZACIÓN LADERAS – FLEXIBILIDAD DE AMPLIACIÓN



FOTOGRAFÍA N°8: NUCLEO 3 - ZONA EN RECUPERACIÓN



FOTOGRAFÍA N°9: VÁLVULA N°29 – RIEGO CON ROTORES FALCON 4.5 BAR



FOTOGRAFÍA N°10: VÁLVULA N°16 – RIEGO CON ROCIADORES 2.0 BAR



FOTOGRAFÍA N°10: VÁLVULA N°11 – RIEGO CON ROTORES 3500 3.0 BAR



FOTOGRAFÍA N°11: INSTALACIÓN DE UN DECODIFICADOR FD-202