ANEJO Nº17

SISTEMA DE TELECONTROL

INDICE ANEJO Nº17

SISTEMA DE TELECONTROL

1. CARACTERÍSTICAS DEL TELECONTROL 4
2. ARQUITECTURA DEL SISTEMA 6
3. UNIDADES REMOTAS 6
3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA COMUNICACIÓN RADIO UHF 7
3.2. SALIDAS Y ENTRADAS DE LA UNIDAD REMOTA 7
3.3. ALIMENTACIÓN DE LA UNIDAD REMOTA 8
3.4. CAJA DE PROTECCIÓN DE LA UNIDAD REMOTA 8
3.5. OPERATIVIDAD SISTEMA 9
4. UNIDAD CONCENTRADORA (FRONT END DE COMUNICACIONES) 9
4.1. COMUNICACIÓN ENTRE LA UNIDAD CONCENTRADORA Y LAS UNIDADES REMOTAS 9
4.2. COMUNICACIÓN ENTRE LA UNIDAD CONCENTRADORA Y EL CENTRO DE CONTROL 10
4.3. INTELIGENCIA DISTRIBUIDA 10
5. FUNCIONALIDADES DEL SISTEMA DE TELECONTROL 11
5.1. GESTIÓN DIRECTA DE LA RED HIDRÁULICA Y RIEGO 11
5.2. GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS 12
5.2.1. ALARMAS 13
5.2.2. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (GIS) 14
5.2.3. INFORMACIÓN DE LOS REGANTES, ZONAS Y PARCELAS 14
5.2.4. USUARIOS Y ACCESIBILIDAD 14
5.2.5. APLICACIÓN MOVIL 15
6. DIMENSIONADO DEL TELECONTROL 16
6.1. INTRODUCCIÓN 16
6.2. ARQUITECTURA DEL SISTEMA 17
6.3. DIMENSIONADO DE LAS UNIDADES REMOTAS 18
6.3.1. DIMENSIONADO DE LAS UNIDADES REMOTAS NECESARIAS PARA EL CONTROL DE LAS ARQUETAS DE RIEGO 18
6.3.2. DIMENSIONADO DE LAS UNIDADES REMOTAS NECESARIAS PARA EL CONTROL DE LAS BALSAS 19

6.3.3. DIMENSIONADO DE LAS UNIDADES REMOTAS NECESARIAS PARA EL CONTROL DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO 20

6.3.4. RELACIÓN COMPLETA DE TERMINALES REMOTAS A INSTALAR . 20

6.4. DIMENSIONADO DE LAS UNIDADES CONCENTRADORAS 20

6.5. CONCLUSIÓN 23

7. ESTUDIO TEORICO DE COBERTURAS 24

7.1. INTRODUCCIÓN 24

7.2. DATOS PREVIOS 24

7.3. ESTUDIO TEORICO DE COBERTURAS RADIO UHF 25

7.3.1. ESTUDIO TEÓRICO DE COBERTURAS RADIO UHF DE LA CONCENTRADORA 29

7.3.2. CONCLUSIÓN 32

7.4. ESTUDIO TEÓRICO DE COBERTURAS GPRS 33

7.5. CONCLUSIONES ESTUDIO TEÓRICO DE COBERTURAS 34

8. NORMATIVA 34

8.1. TELECONTROL DE LA RED DE HIDRANTES 34

9. SONDAS DE HUMEDAD 37

9.1. INTRODUCCIÓN 37

9.2. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO 38

9.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS 39

9.4. ALTERNATIVA DE CULTIVOS. SISTEMA DE RIEGO PREVISTO 42

9.5. APLICACIÓN DIRECTIVA 1 42

9.6. INSTALACION DE SONDAS EN LOS SISTEMAS DE RIEGO 45

9.7. MAPA UBICACIÓN SONDAS DE HUMEDAD 46

9.8. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS EQUIPOS A INSTALAR 47

9.9. METODOLOGIA DE LECTURA E INTERPRETACION DE LOS DATOS Y SU APLICACION 48

1. CARACTERÍSTICAS DEL TELECONTROL

El sistema de telecontrol proyectado permitirá la gestión de todos los elementos hidráulicos que componen la red de riego, es decir, válvulas, contadores, transductores de presión, boyas, caudalímetros, sondas de nivel, presostatos, etc. ofreciendo una amigabilidad de uso y un coste de mantenimiento muy bajo.

Las principales características del sistema de telecontrol son:

- Software de control centralizado y multiusuario (jerarquizado por niveles de acceso) que permite, por un lado, el control en tiempo real de todos los elementos hidráulicos (programas de riego, actuación, telemetría, registro de eventos, etc.), obtener información de los elementos de campo, gestionar los informes de consumos, gestionar alarmas de incidencias, roturas, dotaciones de agua, gestión de facturación, así como ayuda al mantenimiento de la instalación hidráulica.
- Sistema de comunicación radio UHF (bandas de uso libre y privado) de gran fiabilidad y extra bajo consumo. La comunicación entre las unidades de campo (RTU; Remote Terminal Unit) y las unidades concentradoras que las controlan se realiza mediante comunicación radio UHF en tiempo real. La tecnología radio utilizada de ultra bajo consumo permite una autonomía mínima garantizada de las unidades de campo a partir de 3 años.
- La comunicación entre la unidad concentradora y el software de control puede realizarse mediante cable, radio (UHF) o GPRS. Siendo este último medio de comunicación el indicado para aprovechar todas las funcionalidades de explotación que una explotación agraria requiere, al ofrecer una disponibilidad 100% en cualquier sitio y en cualquier momento, sin limitar el acceso a un centro de control local.
- Sistema de automatización en tiempo real, que permite conocer la evolución de las principales variables de la red hidráulica; volumen, caudal, presión, etc.
- Bajo coste de mantenimiento. La fiabilidad y robustez de las comunicaciones unida al bajo consumo de las RTU's hace posible un sistema de muy bajo coste de mantenimiento, aspecto crucial para la explotación de un sistema de telecontrol agrícola.

Debido a que las características propias de control de los sistemas de distribución de agua de riego y los sistemas asociados a la telegestión de bombeos, balsas, sondeos,

estaciones de filtración son diferentes, se dividirá el estudio en dos apartados, tratando los aspectos particulares de cada uno de ellos.

De esta manera se distinguirá:

- Software de control (SCADA) asociado al sistema de telecontrol.
- Unidades RTU's, plataforma de comunicación y concentradoras instaladas en campo destinadas a la captación de la información y actuación.

2. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

El sistema de automatización se compone de los siguientes elementos:

- **Unidades remotas.** Son los dispositivos que se ubican en campo, su función es el control directo de los elementos hidráulicos. Se presentan en diferentes formatos y capacidades;
    - Desde 5 hasta 10 salidas digitales (tipo *Latch*).
    - Desde 6 hasta 12 entradas digitales (contadores, multipropósito).
    - Desde 0 hasta 2 entradas analógicas (transductores de presión).

  La comunicación entre las remotas y las concentradoras, se realiza mediante radiofrecuencia UHF, en banda libre o licenciada. La principal ventaja del sistema radio utilizado en estas RTU's es la gran estabilidad de las comunicaciones y que, gracias a su tecnología de ultra bajo consumo, permite alimentación a pilas, ofreciendo autonomías superiores a los tres años con la misma pila.

- **Unidades concentradoras.** Es el elemento de campo que concentra las comunicaciones radio UHF de las Unidades y transmite la información hacia el Centro de Control. Controlan de forma autónoma las unidades remotas ya que almacenan toda la información que afecta al funcionamiento de las unidades remotas.
  Las unidades concentradoras aportan redundancia al sistema, ya que almacenan información redundante al centro de control y a las remotas.

- **Puesto central. Software SCADA** que permite de forma centralizada el control de todos los elementos controlados por el automatismo desde cualquier punto con conexión a internet (desubicado). (Existe una versión equivalente para la gestión local, sin necesidad de servidor remoto ni conexión a Internet).

3. UNIDADES REMOTAS

Las unidades remotas son los dispositivos de campo destinados al control directo de todos los elementos hidráulicos de la red. Dispone de una carcasa de grado de protección IP65. Se instalan junto a los elementos a controlar activando y desactivando elementos hidráulicos como válvulas o filtros y controlando las medidas de los sensores conectados a él, tanto digitales como analógicos.

Las unidades remotas se han desarrollado específicamente para su uso en explotaciones agrícolas para el control de redes de riego, primando características propias de los sistemas de telegestión hidráulica como; robustez, versatilidad y facilidad de uso y bajo mantenimiento.

3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA COMUNICACIÓN RADIO UHF

Las unidades remotas comunican mediante radiofrecuencia con las unidades concentradoras que las controla, para lo cual disponen de 160 canales de 12,5 kHz de ancho de banda configurables en la banda UHF de uso privado o en banda libre (10 canales), en rangos de frecuencia que van desde los 868 Mhz en banda libre a los 433 y los 451 MHzen banda licenciada. Los equipos permiten transmisiones a una potencia de 0,5 W, permitiendo alcances que en función de la orografía del terreno, pueden llegar a distancias de hasta 8,5 km (banda privada) y 1,5 km (banda libre).

La comunicación radio entre las unidades remotas y la unidad concentradora que las controla es permanente, por lo que la unidad remota transmite el estado de sus entradas y recibe las órdenes de activación de sus salidas en tiempo real.

3.2. SALIDAS Y ENTRADAS DE LA UNIDAD REMOTA

El sistema presenta diferentes formatos de remotas en cuanto a la capacidad de captación y control, existen múltiples combinaciones:

CAPTACIÓN RTU:

SALIDAS DIGITALES: Desde 5 hasta 10 salidas tipo *Latch,* de 2 o 3 hilos para la activación de válvulas, aunque se puede utilizar para la activación de otros elementos de control como bombas, filtros, relés de propósito general, activación de alarmas, etc.

ENTRADAS DIGITALES: Desde 6 hasta 12 entradas digitales con totalizador asociado de 8 dígitos para el control de emisores de pulsos de contador o sensores digitales de contacto seco tales como sensores de nivel, presostatos, detectores de intrusismo, etc.

ENTRADAS ANALÓGICAS: Las unidades remotas pueden incorporar hasta 2 entradas analógicas para el control de sensores analógicos de 4 a 20 mA. Las entradas analógicas y los sensores que se conectan están autoalimentadas por la propia remota[1].

3.3. ALIMENTACIÓN DE LA UNIDAD REMOTA

Las unidades remotas se alimentan mediante un pack de dos pilas de 3,6 Volts Litio (7,2V). La alta calidad del diseño y componentes de los equipos radio junto con el eficiente protocolo de comunicaciones utilizado, permite garantizar una duración de la pila superior a los tres años.

La pila se instala en el interior de la caja, quedando completamente protegida frente a factores adversos y manipulaciones.

El bajo consumo de las unidades remotas y la utilización de pilas hace innecesaria la alimentación mediante panel solar. Evitar la utilización de alimentación solar implica ahorro en la inversión inicial, mantenimiento y funcionalidad (reducción de las posibilidades de robo, deterioro, etc.).

Sin embargo, existe la posibilidad de que las unidades remotas sean alimentadas mediante panel solar y baterías. En estos modelos, la unidad remota sirve de regulador de carga, regulando la carga de la batería por parte del panel solar. El panel solar y la batería se conectan directamente a la unidad remota, sin necesidad de instalar un regulador de carga intermedio. La sustitución de la pila cada 3 años, la puede realizar el propio cliente/instalador y los recambios pueden ser adquiridos en cualquier empresa especializada.

3.4. CAJA DE PROTECCIÓN DE LA UNIDAD REMOTA

La unidad remota presenta una caja IP65 exclusiva y especialmente diseñada para proporcionar una protección absoluta frente a partículas a la humedad y está preparada para trabajar en condiciones extremas de temperatura (-20º C a +70º C) y humedad (90%). La caja dispone de dos compartimentos en uno de los cuales se encuentra la placa y circuitos integrados, mientras que en el otro se encuentra la pila, el puerto de configuración, los indicadores luminosos (leds) y el bornero de conexionado de las entradas y salidas de campo. De esta manera, el circuito electrónico permanece aislado y protegido de la manipulación del usuario a la hora de cambiar la pila o de conectar los equipos hidráulicos a controlar, etc.

La facilidad de instalación, alta robustez, bajo consumo y bajo coste de mantenimiento la convierten en un óptimo equipo para el control del riego en el sector agrícola.

3.5. OPERATIVIDAD SISTEMA

Se trata de un sistema que opera en tiempo real, esto es que las unidades remotas están comunicando permanentemente con la concentradora y a su vez con el centro de control. Cada remota comunica cada minuto con la concentradora, enviando información de estado de sus entradas digitales y entradas analógicas, a la vez que recibe con esta cadencia las ordenes (si las hubiera) asociadas a las salidas digitales o parámetros de configuración asociados a programas de riego, accionamientos o pequeños automatismos.

Las RTU's permiten el funcionamiento autónomo sin necesidad de comunicación con las concentradoras correspondientes ni con el centro de control (inteligencia distribuida en campo), lo que garantiza una salvaguarda del funcionamiento y de almacenamiento de la información en ausencia de comunicación.

A petición del usuario se pueden programar pequeños automatismos incorporados en la propia remota.

4. UNIDAD CONCENTRADORA (FRONT END DE COMUNICACIONES)

La Unidad Concentradora (UC) o Frontend de comunicaciones es el elemento de campo que concentra y distribuye las comunicaciones radio UHF de las Unidades Remotas y transmite la información hacia el Centro de Control utilizando cualquier tipo de comunicaciones.

La Unidad Concentradora se ha desarrollado primando la capacidad y versatilidad del sistema, de esta forma la concentradora posee información redundante del estado de la red de comunicaciones y de los estados de las remotas que controla, así como información duplicada del centro de control. Esta duplicidad de información hace que la inteligencia de todo el sistema se distribuya entre los elementos y aporte seguridad de explotación al usuario final.

4.1. COMUNICACIÓN ENTRE LA UNIDAD CONCENTRADORA Y LAS UNIDADES REMOTAS

Cada Unidad Concentradora es capaz de controlar 128 unidades remotas con las que comunica vía radio utilizando la misma banda UHF en banda libre o licenciada que las unidades remotas. Transmiten a una potencia configurable de 0,5 W hasta 5W, permitiendo un alcance que en función de la orografía del terreno alcanza distancias de hasta 8,5 km.

La comunicación entre la Unidad Concentradora y las unidades remotas que controla es constante, por lo que ésta conoce el estado de sus unidades remotas en tiempo real, tanto de sus salidas como de sus entradas digitales (volumen de contadores y caudal) y variables analógicas (presión, temperatura, humedad, etc.). La calidad de la radio y el eficiente protocolo de comunicaciones garantizan un consumo energético muy bajo.

4.2. COMUNICACIÓN ENTRE LA UNIDAD CONCENTRADORA Y EL CENTRO DE CONTROL

La Unidad Concentradora permite la comunicación mediante protocolo abierto con un centro de control de propósito general o bien con el software de control. En ambos casos el medio de comunicación puede ser cable, radio (UHF) o GPRS. En el caso del software la comunicación GPRS ofrece todo un conjunto de funcionalidades que revierten en un menor mantenimiento de la infraestructura de comunicaciones y mayor flexibilidad del sistema.

Acceso centralizado a la información por todos los usuarios acreditados, compartición de la información seleccionada, disponibilidad 100%, etc.

4.3. INTELIGENCIA DISTRIBUIDA

La Unidad Concentradora funciona como unidad autónoma y redundante al centro de control. La UC consta de la funcionalidad como dattalogger y almacena el valor de las variables adquiridas, alarmas producidas y programaciones del riego de tal forma que si se pierde la comunicación entre el servidor y la Unidad Concentradora esta continúa actuando sobre las Unidades Remotas de forma autónoma. Por lo tanto, la Unidad Concentradora aporta fiabilidad y robustez ofreciendo un nivel más de seguridad en el sistema.

La gran capacidad de la Unidad Concentradora, permite un control eficiente y robusto de las unidades remotas y canaliza de forma sincronizada la comunicación entre las unidades remotas y el puesto central.

5. FUNCIONALIDADES DEL SISTEMA DE TELECONTROL

5.1. GESTIÓN DIRECTA DE LA RED HIDRÁULICA Y RIEGO

El sistema permite la gestión de la totalidad de la red hidráulica en tiempo real. Las principales operaciones predeterminadas y pre configuradas son:

- **Iniciar Riego Manualmente.**

  El usuario puede operar directamente sobre los hidrantes o válvulas, enviándoles una orden de apertura manual para así iniciar el riego sobre su parcela. La apertura de los hidrantes o válvulas se puede realizar directamente sin cierre determinado o con condición de cierre. La apertura de válvulas con condición de cierre puede ser por:

  - Fin de Riego: Se abre la válvula hasta una hora indicada. Pasada la hora indicada se cierra la válvula
  - Volumen máximo: Se abre la válvula con hasta llegar a un volumen máximo determinado. Alcanzado este volumen se cierra la válvula automáticamente

- **Detener Riego Manualmente**

  El usuario puede detener el riego mediante la orden de cierre manual. Para detener el riego manualmente se puede operar de tres formas distintas:

  - Detención de la programación actual. Se para el riego hasta que la programación no indique lo contrario
  - Detención por tiempo. Se para el riego un tiempo determinado Detención por fecha. Se para el riego hasta una fecha determinada

- **Lectura de contadores**

Permite la lectura remota de contadores de volumen de agua consumida. La información del consumo de agua se puede parametrizar hasta una precisión de minutos.

- **Lectura de caudal instantáneo**

Permite la lectura de caudales instantáneos de cada contador. Así como combinación de suma de caudales. Esta funcionalidad ofrece al operador del sistema la posibilidad de gestionar la red de forma fácil.

- **Programación del riego automática**

El software permite la programación del riego de forma totalmente automatizada. Mediante la creación de calendarios, se pueden asignar programaciones distintas a cada una de las válvulas o hidrantes para que abran y cierren en unas horas determinadas y así gestionar mejor el consumo energético.

Las programaciones de riego pueden ser particularizadas para válvula y se pueden crear infinitas programaciones distintas.

Las programaciones de riego permiten también limitar un caudal máximo particularizado por hidrante, válvula, persona o regante. De esta forma permite asegurar el consumo exacto de agua contratada por el agricultor.

- **Dotaciones de agua por temporada**

El software permite configurar una dotación máxima de agua por temporada y asignársela a cada regante, parcela e intercambiar dotaciones entre comuneros.

- **Gestión de alarmas de fuga, no caudal, caudal máximo y caudal mínimo**

El sistema permite el control en cada hidrante de 4 tipos de anomalías.

  - Alarma de fuga.
  - Alarma de no caudal detectado con válvula abierta.
  - Alarma por superar una caudal máximo.
  - Alarma por un caudal inferior a un caudal mínimo.

- **Interfaz gráfico amigable**

Permite la gestión de todo el sistema en una única pantalla, gestión de sinópticos, fotografías, GIS, gráficas de consumos totalizados, parciales, caudales, riegos activos, gestión de alarmas, etc

5.2. GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS

El sistema de telecontrol consta de varios dispositivos, entre ellos las unidades remotas, concentradoras, equipos de telecomunicación, antenas, etc. El software permite la gestión de estos dispositivos para su correcto funcionamiento y mantenimiento por parte de usuario final de forma amigable.

La posibilidad de lectura de información de estos equipos permite su correcto mantenimiento Las funciones principales son la lectura de información de los equipos de todo el sistema:

- **Unidades Remotas**

  El software reporta información del estado actual de la remota para su mantenimiento. Las variables principales son:

  - Descripción y nombre
  - Número de serie
  - Identificador interno
  - Niveles de cobertura
  - Errores de comunicación
  - Voltajes de las pilas
  - Temperatura interior

Todas estas variables pueden ser registradas para ser visualizadas en gráficos y/o utilizadas como alarmas de mantenimiento definiendo límites de seguridad.

- **Unidades Concentradoras**

  El software reporta información del estado actual de la concentradora para su mantenimiento. Las variables principales son:

  - Descripción y nombre
  - Identificador interno
  - Niveles de cobertura radio UHF y GPRS
  - Tensión de alimentación
  - Temperatura interna
  - Interferencias radio

Todas estas variables pueden ser registradas para ser visualizadas en gráficos y/o utilizadas como alarmas de mantenimiento definiendo límites de seguridad.

5.2.1. ALARMAS

El software dispone de un módulo de alarmas. De forma listada, se enumeran las alarmas actuales y pasadas del sistema, informando de la hora de aparición, descripción de la alarma, nivel de riesgo y su estado actual.

El módulo de alarmas permite, entre otras, la exportación de la información a PDF o EXCEL, filtrado de alarmas y validación las alarmas.

Todas las alarmas son configurables y tienen la posibilidad de ser enviadas vía Email a un usuario predefinido de tal forma que cuando aparezca alguna anomalía en el sistema se enviará un correo electrónico a la persona que se defina.

5.2.2. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (GIS)

El software incorpora un sistema de información geográfica que permite ubicar los elementos de la red hidráulica (remotas, hidrantes, concentradoras,..) sobre un mapa online con una resolución de hasta 50 metros a nivel de tierra.

Este sistema es útil para el usuario para georreferenciar todos sus elementos y tener una visión de conjunto del sistema de forma muy visual.

Mediante la georreferenciación se puede navegar entre los distintos elementos, hacer zoom o elegir entre vista satélite o vista tipo mapa convencional.

5.2.3. INFORMACIÓN DE LOS REGANTES, ZONAS Y PARCELAS

El sistema permite guardar información de los regantes, zonas, parcelas. De esta forma se puede obtener datos registrados en BBDD de forma rápida.

5.2.4. USUARIOS Y ACCESIBILIDAD

El software permite el acceso multinivel con claves vía WEB a la información del riego. Este acceso se realiza mediante autentificación segura del usuario con un alias y una contraseña.

Cada usuario tiene un rol asociado mediante el cual se delimita los privilegios al usuario.

De forma general se definen tres niveles de acceso:

- **Administrador**. Control total del sistema.
- **Encargado técnico de explotación (Regador)**. Control total del sistema. Puede configurar, administrar y actuar sobre los elementos de la red.
- **Visualizador**. Permite el acceso a la aplicación, pero no a la ejecución de órdenes.
- **Agricultor**. Solo permite ver su hidrante y consultar sus contadores. Si se desea puede actuar sobre su válvula y así iniciar o detener su riego.

5.2.5. APLICACIÓN MOVIL

El sistema permitirá manejar desde el móvil toda la instalación con las mismas funcionalidades que la plataforma.

6. DIMENSIONADO DEL TELECONTROL

6.1. INTRODUCCIÓN

En este documento se dimensionan los equipos necesarios para el control de la red de riego de la CR La Alegría. La Comunidad de Regantes Pertenece al municipio de Monzón, sito en el sureste de la provincia de Huesca.

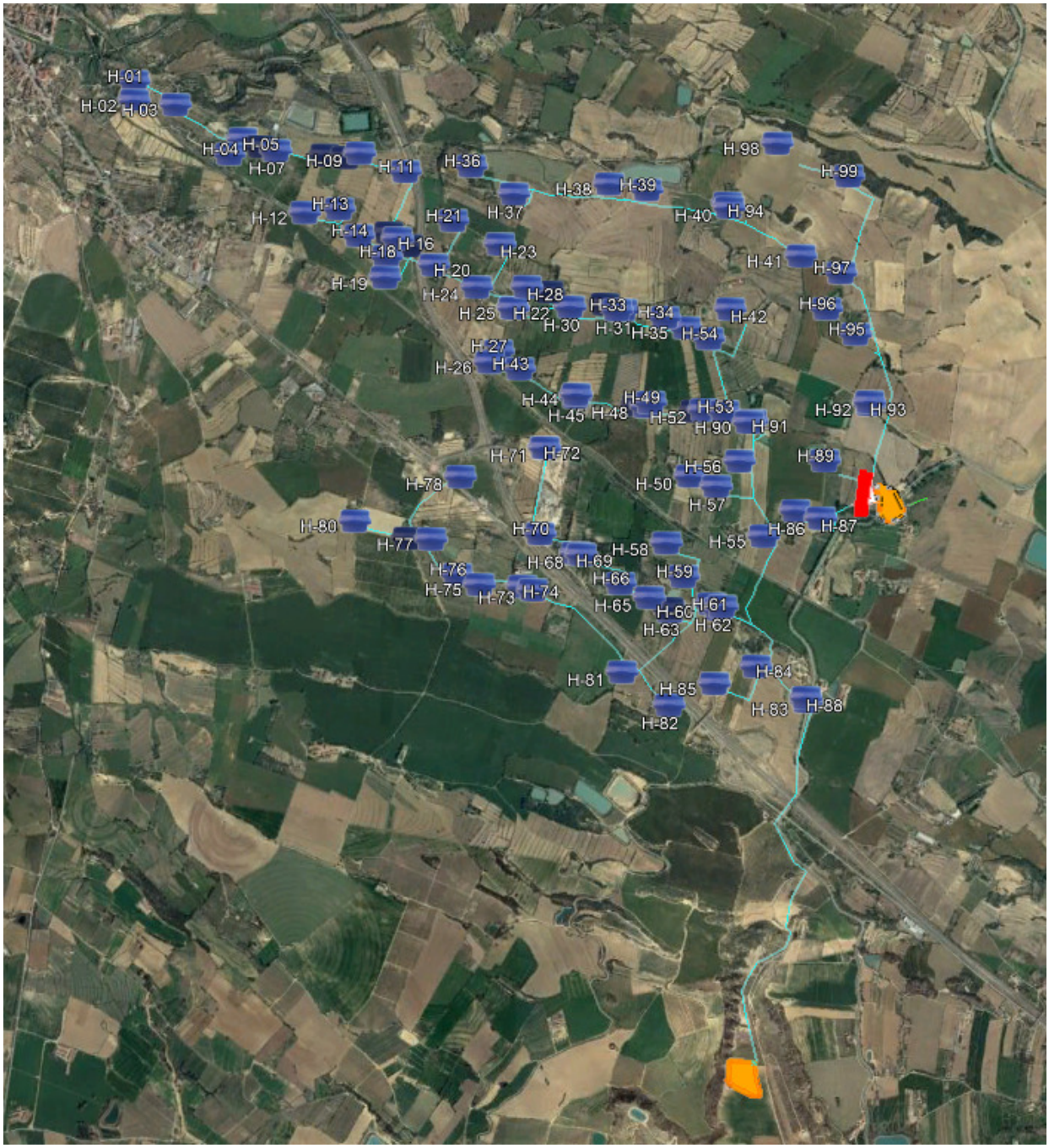


Figura 1: Zona que abarca la Comunidad de Regantes.

Los elementos a controlar de la red hidráulica son:

- 99 arquetas. En 52 de estas arquetas se ha de controlar la válvula principal y su contador mecánico. En las restantes 47 arquetas, además de la válvula y contador principal se han de controlar tomas compuertas por válvula y contador. Las válvulas disponen de solenoide latch y los contadores de emisor de pulso, permitiendo el control de ambos elementos por un sistema de control.
- 1 balsa de copa o elevado ubicada en el extremo sur de la red desde la que se distribuye el agua por la red. En la balsa se ha de controlar el nivel de ésta.
- 1 balsa de captación situada en el límite este de la comunidad que recibe el agua del canal
- 1 estación de bombeo situada en la balsa de captación que bombeo el agua hacia la balsa de copa.

La balsa de captación se encuentra junto al canal de Zaidín que lo alimenta. El agua de la balsa de captación es bombeada por la estación de bombeo a la balsa de copa. Desde la balsa de copa el agua se distribuye por toda la red de tuberías hasta las arquetas por gravedad.

- El automatismo a implantar ha de permitir de forma centralizada y automática:
- La activación de todas las tomas hidráulicas.
- La monitorización de la lectura de los contadores de todas las tomas.
- Visualizar el nivel de las balsas y controlar su llenado.
- Activación de las bombas de la estación de bombeo.

6.2. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

El sistema permite el control de todos los elementos hidráulicos que componen una red de riego de medianas y grandes superficies.

El sistema de automatización se compone de los siguientes elementos:

- **Unidades remotas.** Son unidades de campo encargadas del control directo de los elementos hidráulicos a controlar. Disponen de 5 a 10 salidas latch y de 6 a 12 entradas digitales. Pueden incorporar hasta 2 entradas analógicas. Comunican vía radio en la banda UHF con la unidad concentradora que las controla. Se alimentan mediante pilas.
- **Unidades concentradoras.** Es el elemento de campo que concentra las comunicaciones radio UHF de las Unidades Remotas y transmite la información

hacia el Centro de Control utilizando las comunicaciones GPRS. Controlan de forma autónoma las unidades remotas ya que almacenan toda la información que afecta al funcionamiento de las unidades remotas.

- **Puesto central** basado en tecnología web. Permite el control de todos los elementos controlados por el automatismo desde cualquier punto con conexión a internet.

6.3. DIMENSIONADO DE LAS UNIDADES REMOTAS

Se han de dimensionar las suficientes unidades remotas para el control de las 99 agrupaciones de hidrantes de las arquetas, las dos balsas y la estación de bombeo.

Cada unidad remota dispone de entre 5 y 10 salidas, entre 6 y 12 entradas digitales y entre 0 y 2 entradas analógicas.

No es igual el control de hidrantes que el de la balsa o bombeos, por lo que se va a tratar cada caso por separado

6.3.1. DIMENSIONADO DE LAS UNIDADES REMOTAS NECESARIAS PARA EL CONTROL DE LAS ARQUETAS DE RIEGO

Se han de controlar 99 arquetas de las que 52 son hidrantes individuales, mientras que los 47 restantes son compartidos hidrantes compartidos. Cada hidrante se compone de una válvula y un contador. Sin embargo, mientras que en las arquetas individuales sólo hay un hidrante, en las restantes arquetas se puede llegar a los 10 hidrantes (9 tomas y el hidrante principal).

Las válvulas de los hidrantes y de las tomas disponen de solenoide latch para su control eléctrico a través de una salida de un autómata. Los contadores disponen de emisor de pulsos libre de potencial que permite a un autómata contabilizar los pulsos generados por el paso de agua.

Las unidades remotas disponen de hasta 10 salidas y 12 entradas que les permiten controlar todos los elementos de cualquiera de las arquetas de la instalación. Tan sólo habrá que dimensionar el modelo de remota más adecuado para cada arqueta en función del número de tomas a controlar.

Nº Tomas	Nº hidrantes
1	52
2	14
3	14
4	8
5	2
6	3
7	2
8	2
9	2

Dado el número y tamaño de las arquetas, se necesitan las siguientes unidades remotas:

- 88 unidades remotas R05/06/00 (5 entradas digitales, 6 salidas digitales, cero entradas analógicas)
- 2 unidades remotas R06/06/00 (6 entradas digitales, 6 salidas digitales, cero entradas analógicas)
- 3 unidades remotas R07/07/00. (7 entradas digitales, 7 salidas digitales, cero entradas analógicas)
- 2 unidades remotas R08/08/00. (8 entradas digitales, 8 salidas digitales, cero entradas analógicas)
- 2 unidades remotas R09/09/00.
- 2 unidades remotas R10/10/00.

6.3.2. DIMENSIONADO DE LAS UNIDADES REMOTAS NECESARIAS PARA EL CONTROL DE LAS BALSAS

En las dos balsas existentes en la Comunidad se ha de controlar el nivel medido por un transductor de presión y dos sensores digitales (uno de máxima y otro de mínima).

Los sensores digitales de nivel son controlados mediante una entrada digital de la unidad remota. Por otro lado, el transductor de presión requiere de una entrada analógica para su control. Dado la capacidad de las remotas, la instalación de una unidad remota en la balsa será suficiente.

Para el control del nivel de las dos balsas se necesitan 2 unidades remotas R05/06/01 (5 entradas digitales, 6 salidas digitales, 1 entrada analógicas)

6.3.3. DIMENSIONADO DE LAS UNIDADES REMOTAS NECESARIAS PARA EL CONTROL DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO

Se han de dimensionar los equipos necesarios para controlar la estación de bombeo que transfiere agua desde la balsa de captación a la balsa de copa.

La estación de bombeo será controlada directamente por un cuadro eléctrico ubicado en la misma sala de motores. Será este cuadro el que controle la activación/desactivación de las bombas y su velocidad, así como detectar posibles anomalías y averías que afecten a las bombas. Estos cuadros no son objeto de este estudio. Sin embargo, es muy útil integrar estos cuadros en el sistema de telecontrol, permitiendo al usuario visualizar el estado del bombeo y poder enviar comandos de activación desde la plataforma y la APP.

Para el control de la estación de bombeo, se va a dimensionar 1 unidad remota R10/12/02.

6.3.4. RELACIÓN COMPLETA DE TERMINALES REMOTAS A INSTALAR

Dado el número y distribución de los hidrantes y sensores analógicos, el control de toda la red de baja requiere de los siguientes modelos y cantidades de unidades remotas:

- 88 unidades remotas R050600.
- 2 unidades remotas R060600.
- 3 unidades remotas R070700.
- 2 unidades remotas R080800.
- 2 unidades remotas R090900.
- 2 unidades remotas R101000.
- 2 unidades remontas R050601.
- 1 unidad remonta R101202.

6.4. DIMENSIONADO DE LAS UNIDADES CONCENTRADORAS

En este punto se va a llevar a cabo el dimensionado de las unidades concentradoras y se establecerán diferentes ubicaciones posibles. Una unidad concentradora puede controlar hasta un máximo de 128 unidades remotas. Sin embargo, están sujetas a la ubicación de las unidades remotas y las características del terreno. Por eso es necesario realizar un estudio radioeléctrico del lugar para decidir el número de concentradoras necesario y su ubicación. En este estudio se van a tener en cuenta los siguientes puntos:

a) El número de unidades remotas, ya se ha comentado que el límite máximo es de 128 unidades remotas por concentradora.

b) La posición relativa de las remotas respecto a la concentradora. En función de la orografía se establecen distancias máximas medias entre los 4 y 7,5 kilómetros de separación entre concentradora y remotas.

c) El relieve del terreno, ya que accidentes geográficos como por ejemplo montañas pueden dificultar la comunicación directa entre una unidad remota y una unidad concentradora situada a poca distancia.

En el caso que nos ocupa, se han de controlar 102 unidades remotas distribuidas por una superficie que supera los 6,8 kilómetros desde los dos puntos más alejados: el hidrante H-01 (extremo noroeste) con la balsa elevada (extremo sur).

Por número de unidades remotas, bastaría con una unidad concentradora. Entre los dos puntos a controlar más alejados (hidrante H-01 y la balsa elevada), existen 6,85 km de distancia. La superficie de la red podría ser cubierta por una única unidad concentradora ubicada en el centro de la Comunidad. Pero algunas remotas estarían al límite de alcance. Cualquier obstáculo que se interpusiera podría impedir la comunicación. Por eso es recomendable la instalación de una segunda unidad concentradora.

Queda por ver si la orografía del terreno hace necesario dimensionar más unidades concentradoras. Tan sólo la interposición de algún obstáculo impediría la comunicación entre la concentradoras y alguna de las unidades remotas.

Se trata de una zona muy plana ideal para la comunicación radio. La única elevación que se observa es donde está prevista la instalación de la balsa elevada. Desde ese punto se domina toda la red de riego. Una visión de algunos perfiles de la Comunidad, pueden ayudar a tener una idea más completa de la orografía.

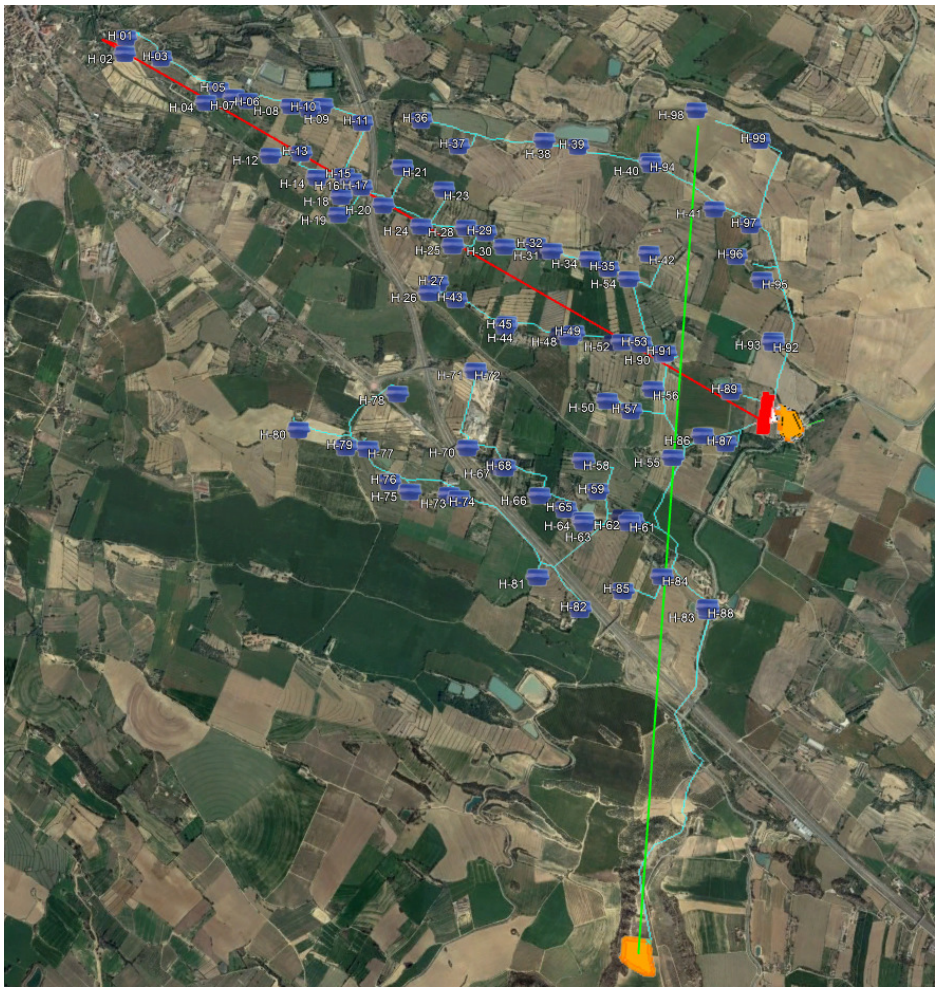


Figura 5: Perfiles mostrados.

Figura 6: Perfil Noroeste-Balsa de captación (perfil rojo en la figura 5)

El extremo noroeste se encuentra a la izquierda de este perfil y la balsa a la derecha. El relieve va ascendiendo suavemente sin existir obstáculos.

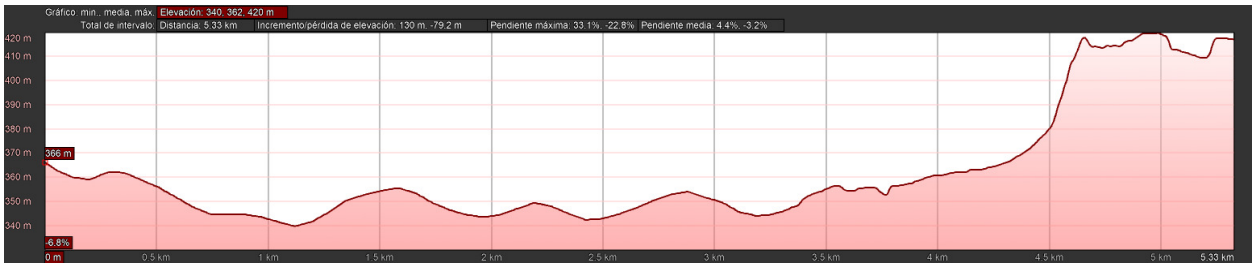


Figura 7: Perfil norte-balsa de copa (perfil verde en la figura 5)

El extremo oeste se encuentra a la izquierda y el extremo este en la derecha del perfil de elevación. En este caso el relieve es muy plano en la parte donde se encuentran arquetas para pasar a ascender en el punto donde se encuentra la balsa. Tampoco se observan accidentes de mención.

Se ha constatado que el relieve de la Comunidad es suave descendiendo suavemente de este a oeste, pero sin obstáculos que impidan la comunicación radio. Por tamaño de la Comunidad y distribución de las unidades remotas, la unidad concentradora se ha de instalar en un punto central de la Comunidad, próximo a los hidrantes H-76 y H-77.

Es poco probable que en este punto haya luz, por lo que se va a suponer el peor caso y se van a contabilizar equipos fotovoltaicos para su alimentación. En el documento “Estudio de Coberturas de la CR La Alegría” se busca la ubicación más idónea para las concentradoras dimensionadas y se lleva a cabo un estudio teórico de coberturas.

6.5. CONCLUSIÓN

Las pruebas realizadas demuestran que se dará cobertura a todas las unidades remotas instalando una unidad concentradora (para más información al respecto ver documento “Estudio de Coberturas de la CR La Alegría”). La unidad se ha de instalar en un punto central de la Comunidad.

Por lo tanto, para el control de las 102 unidades remotas, se necesita una unidad concentradora.

Los equipos necesarios para el control de la red hidráulica de la CR La Alegría son:

- 88 unidades remotas R050600.
- 2 unidades remotas R060600.
- 3 unidades remotas R070700.
- 2 unidades remotas R080800.
- 2 unidades remotas R090900.

- 2 unidades remotas R101000.
- 2 unidades remontas R050601.
- 1 unidad remonta R101202.
- 1 unidad concentradora alimentada mediante panel solar.

7. ESTUDIO TEORICO DE COBERTURAS

7.1. INTRODUCCIÓN

En este documento se presenta un **estudio teórico de coberturas UHF y GPRS** para comprobar la viabilidad en las comunicaciones para el sistema de automatización de en la Comunidad de Regantes La Alegría. Este estudio complementa el documento "Dimensionado unidades CR La Alegría" donde se dimensionaban los equipos necesarios para el control de la red de la Comunidad.

En condiciones ideales, una unidad concentradora puede controlar hasta un máximo de 128 unidades. Sin embargo, estas condiciones están sujetas a la ubicación de las unidades remotas y las características del terreno. Por eso es necesario realizar un estudio del lugar para decidir el número de concentradoras necesario y su ubicación. En este estudio se van a tener en cuenta los siguientes puntos:

a) El número de unidades remotas, ya se ha comentado que existe la limitación de 128 unidades remotas por concentradora.

b) La posición de las remotas, ya que las remotas no pueden distar más de 3,5 kilómetros de la unidad concentradora que le dirige. En caso de que existan unidades remotas que disten entre sí más de seis kilómetros, será necesario colocar más de una unidad concentradora.

c) El relieve del terreno, ya que accidentes geográficos como por ejemplo montañas pueden impedir la comunicación directa entre una unidad remota y una unidad concentradora situada a poca distancia.

7.2. DATOS PREVIOS

Para el control de la red de riego de La Comunidad de Regantes se han dimensionado:

- 88 unidades remotas R050600.
- 2 unidades remotas R060600.
- 3 unidades remotas R070700.

- 2 unidades remotas R080800.
- 2 unidades remotas R090900.
- 2 unidades remotas R101000.
- 2 unidades remontas R050601.
- 1 unidad remonta R101202.

En el apartado de dimensionado de las unidades se dimensionaba una unidad concentradora para controlar las 102 remotas. En este dimensionado se había tenido en cuenta un estudio preliminar del relieve. Sin embargo, un estudio radioeléctrico permitirá confirmar si dos concentradoras son suficientes.

Para asegurar que la cobertura es correcta en la zona regable, se ha de mirar que la unidad concentradora dimensionada es capaz de dar cobertura radio a todas las unidades remotas. Para ello se van a buscar los lugares más favorables para su instalación y se va a comprobar si desde alguno de estos puntos se puede dar cobertura a toda la instalación.

Se ha de precisar que el estudio de coberturas que a continuación se presenta se ha realizado utilizando diversas herramientas informáticas. Se deberá someter a estudio de detalle. El estudio exacto sólo se puede realizar midiendo el nivel de señal que se recibe en todos los puntos donde se han de instalar los equipos del sistema. Sin embargo, en caso de haber variaciones, éstas sólo supondrían pequeños cambios de ubicación de la unidad concentradora que no influirían en el diseño final.

7.3. ESTUDIO TEORICO DE COBERTURAS RADIO UHF

Se ha de garantizar que las 102 unidades remotas dimensionadas puedan comunicarse con la concentradora que las controla. A continuación, se muestra la ubicación de los puntos a controlar.

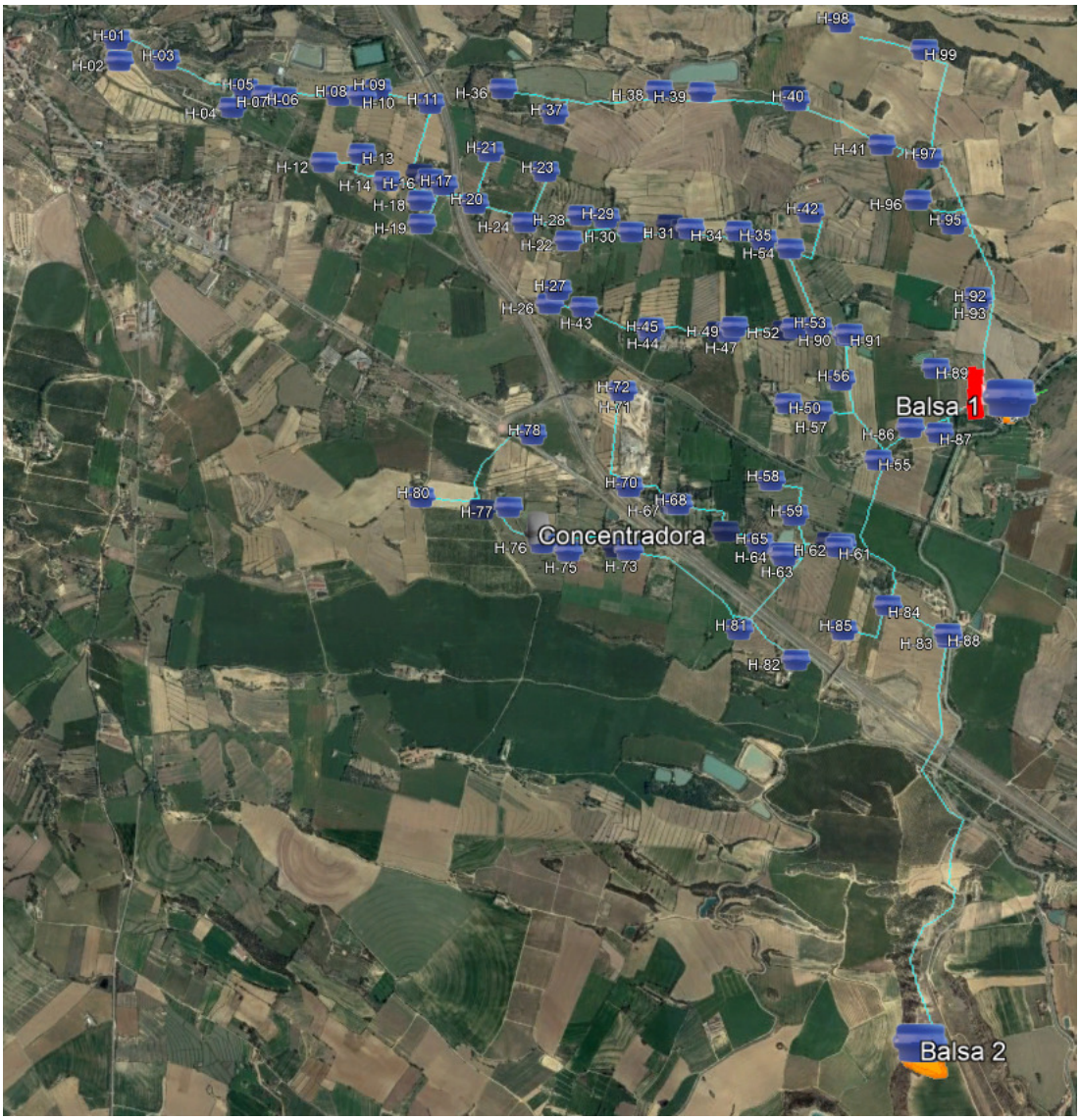
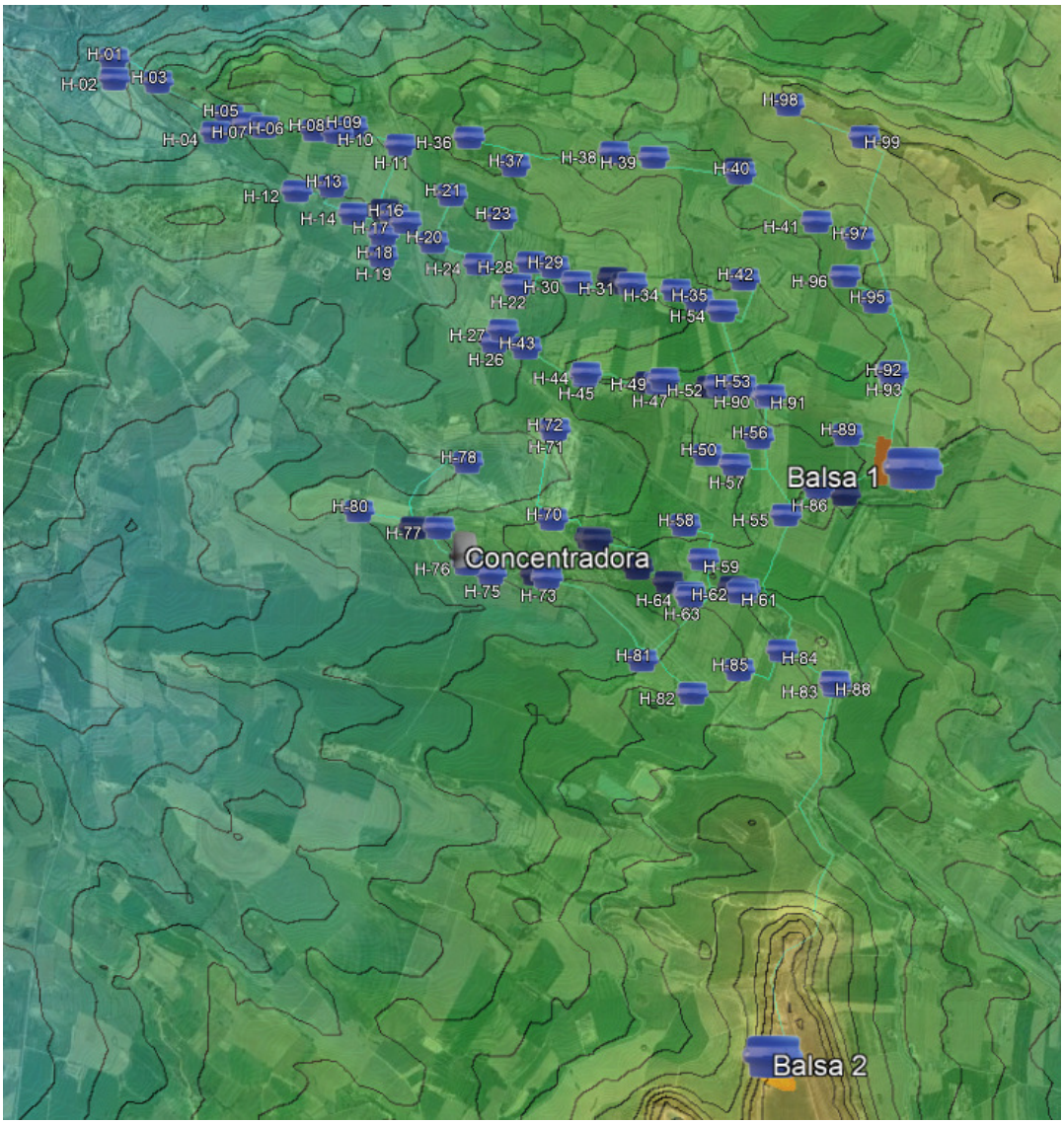


Figura 1: Puntos a controlar en la red de riego

Las unidades remotas se distribuyen por una superficie relativamente pequeña (6,8 km entre las dos unidades remotas más alejadas) que, en condiciones ideales, puede ser cubierta por una unidad concentradora instalada en un punto central de la Comunidad. El número de unidades remotas a controlar (ya se ha comentado que una concentradora puede controlar un máximo de 128 unidades remotas) y el tamaño de la instalación no obligan a la instalación de ninguna unidad concentradora adicional.

Queda por ver si la orografía del terreno hace necesario dimensionar más unidades concentradoras. Tan sólo la interposición de algún obstáculo impediría la comunicación entre la concentradora y alguna de las unidades remotas. La visión de las curvas de nivel mostrará las características del relieve.



Figuras 2: Curvas de nivel de la C.R. La diferencia de altura entre dos curvas continuas es de 10 m

En la figura 2 se muestran las curvas de nivel de la Comunidad de Regantes. Cada línea representa una diferencia de altura de 10 m. La superficie desciende suavemente de este a oeste unos 50 metros. Tan sólo en el sur, en el lugar donde se ubica la balsa de copa, existe una colina. El resto de la superficie no se observa ninguna elevación o hendidura que pueda afectar a las comunicaciones radio. A priori no parece necesario la adición de ninguna unidad concentradora adicional.

Siempre es recomendable instalar unidades concentradoras en puntos donde ya hay algún tipo de construcción y que dispone de luz. Instalar la unidad concentradora en puntos aislados, implica instalar báculo para elevar la antena, montar algún tipo de arqueta o construcción para proteger los equipos e instalar equipos fotovoltaicos para su alimentación. De aprovecharse una construcción existente, ésta protege la unidad concentradora y permite utilizar el edificio para elevar la antena. Si además tiene luz, se evita la instalación de equipos

fotovoltaicos. En ese sentido, instalar la unidad concentradora en la estación de bombeo sería ideal. Sin embargo, ese punto se encuentra en un lateral de la Comunidad y queda muy alejado de la zona noroeste de la red. Para que todas las remotas queden dentro del alcance de la concentradora, ésta se ha de instalar en un punto central de la red.

En este estudio se desconoce si existen puntos en el interior de la red que pueden ser aprovechadas para la instalación de las unidades concentradoras. Se va a proponer un punto para la unidad concentradora, se van a mostrar las coberturas desde este punto y se van a analizar los radioenlaces entre la unidad concentradora y todas las unidades remotas ubicadas.

Las características técnicas seleccionadas son:

- **Unidad concentradora:**
  - Altura: 10 metros (cuando está previsto utilizar báculo cuya altura es de 14 metros).
  - Potencia transmisión: 2W.
  - Pérdida de línea: 0,5 dB.
  - Sensibilidad Rx: 1 microV (-107 dBm).
  - Ganancia de antena 2 dBi (la ganancia de la antena estándar utilizada es de 3 dB).
- **Unidad remota:**
  - Altura: 3 metros.
  - Potencia de transmisión: 0,5 W.
  - Pérdida de línea: 1 dB.
  - Sensibilidad Rx: 1 microV (-107 dBm).
  - Ganancia de la antena 2dBi (la ganancia de la antena estándar utilizada es de 4 dB).
- **Rango de frecuencias: 433-451 MHz.**

7.3.1. ESTUDIO TEÓRICO DE COBERTURAS RADIO UHF DE LA CONCENTRADORA

La unidad concentradora se va a instalar en un punto central de la Comunidad situado en las proximidades de los hidrantes H-75, H-76 y H-77. Si bien no es un punto elevado, desde ese punto todas las unidades remotas quedan dentro de su alcance.

Primero se mostrará la cobertura obtenida.

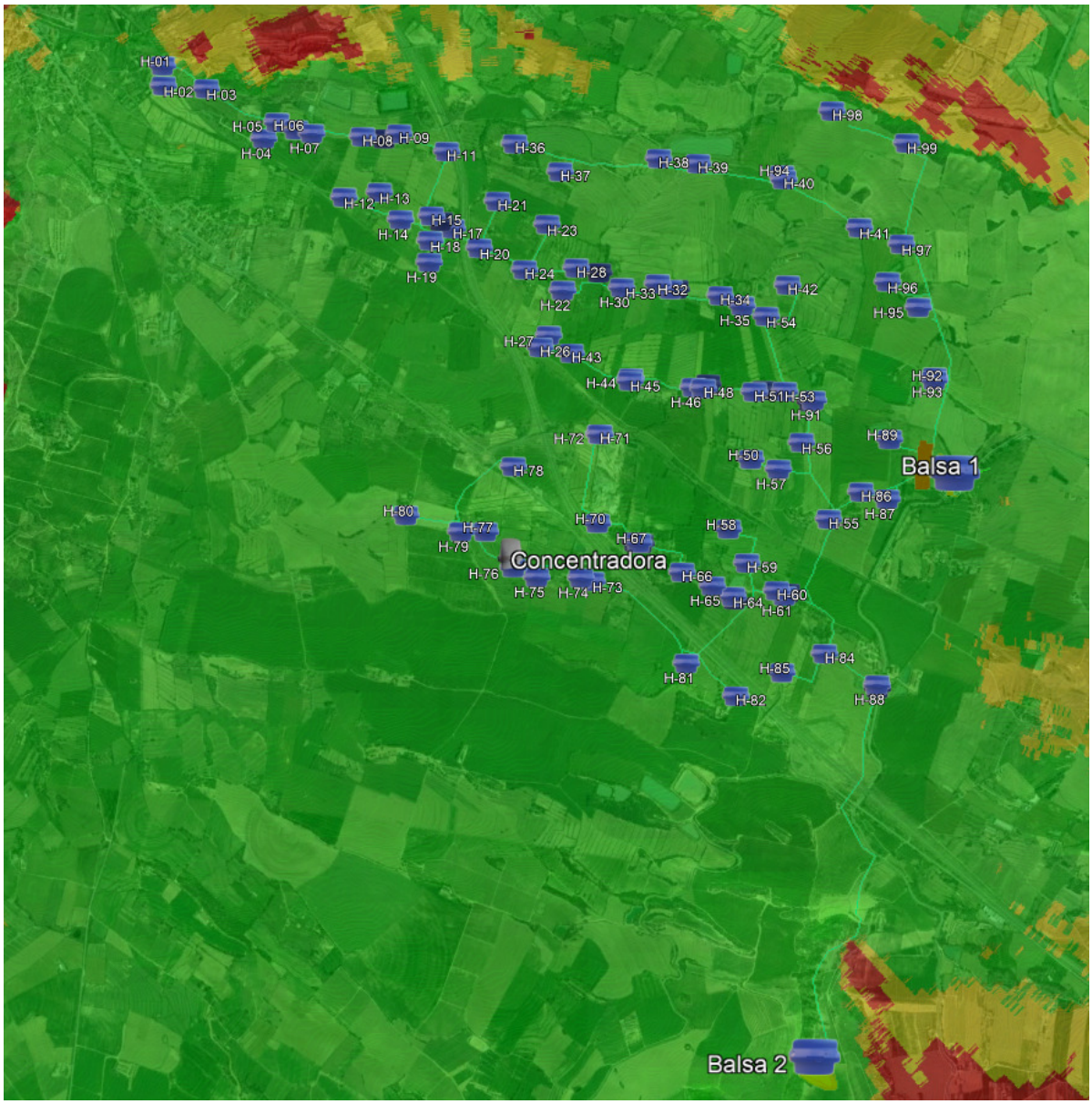


Figura 4: Cobertura desde la Concentradora

Toda la zona resaltada en verde presenta buena calidad de comunicación con la unidad concentradora. Cualquier unidad remota instalada dentro de esa zona comunicará con la unidad concentradora.

A continuación se muestran los radioenlaces obtenidos desde la ubicación propuesta para la concentradora de todas las unidades remotas.

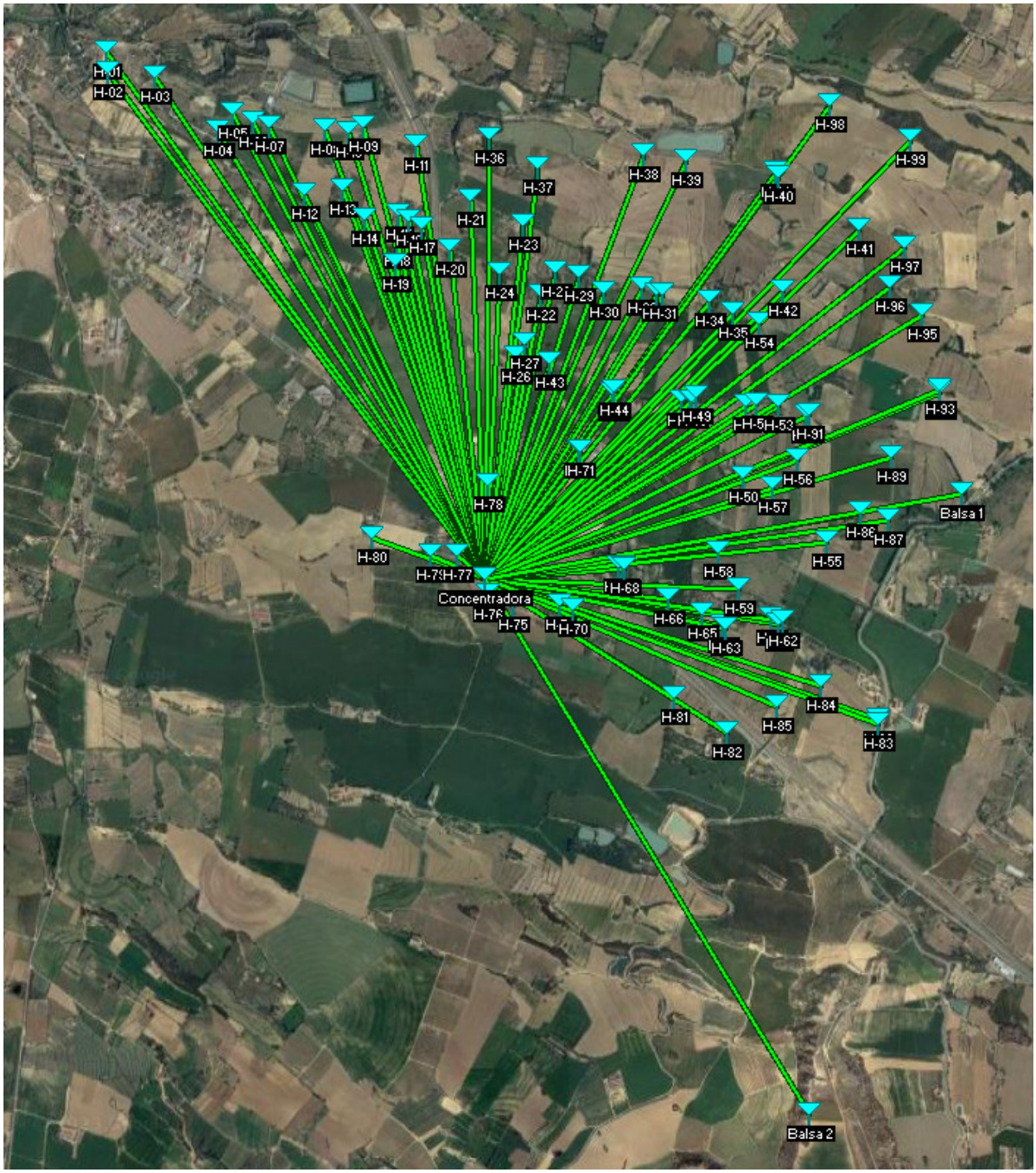


Figura 5: Radioenlaces

Como puede observarse, todos los enlaces entre la unidad concentradora y las unidades remotas son correctos.

Finalmente se muestran algunos de los radioenlaces existentes entre la unidad concentradora y dos unidades remotas más alejadas.

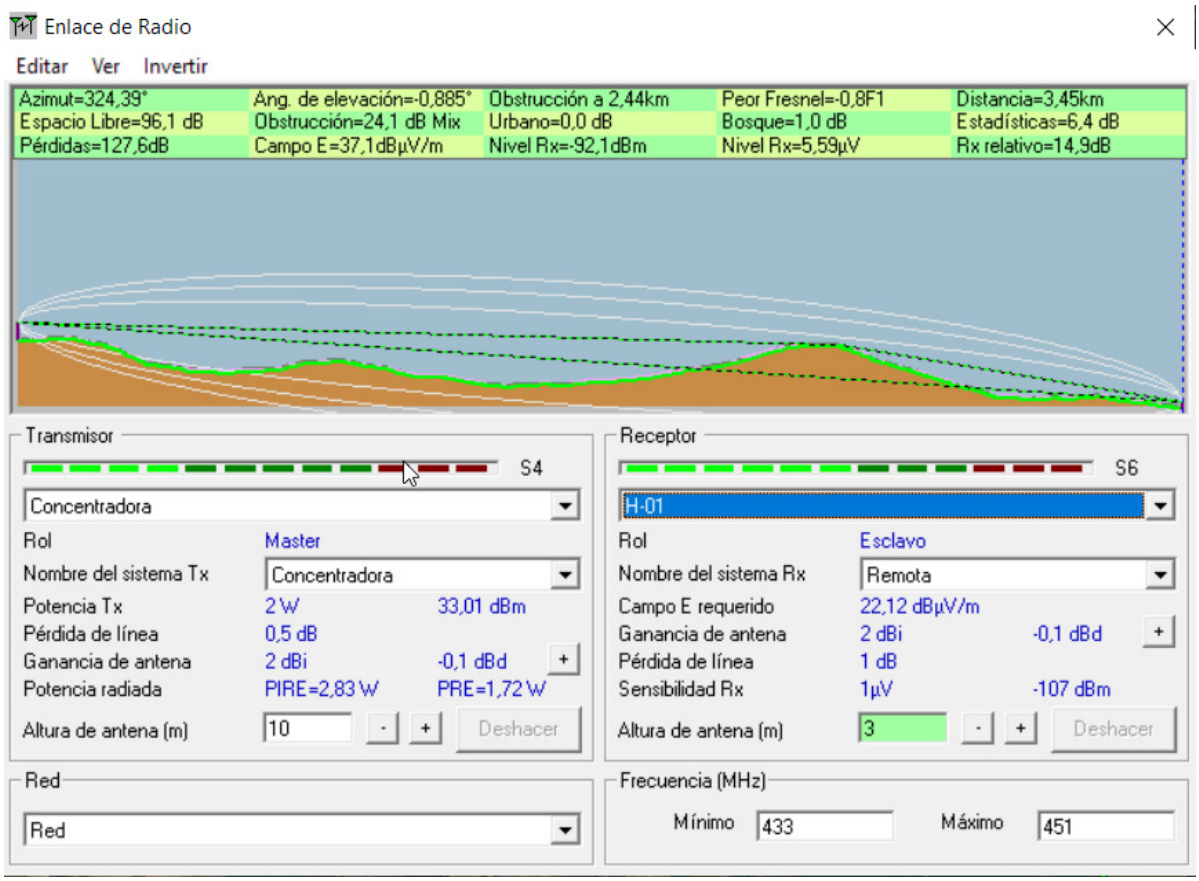


Figura 6: Radioenlaces de la remota H-1 (extremo noroeste) con la concentradora.

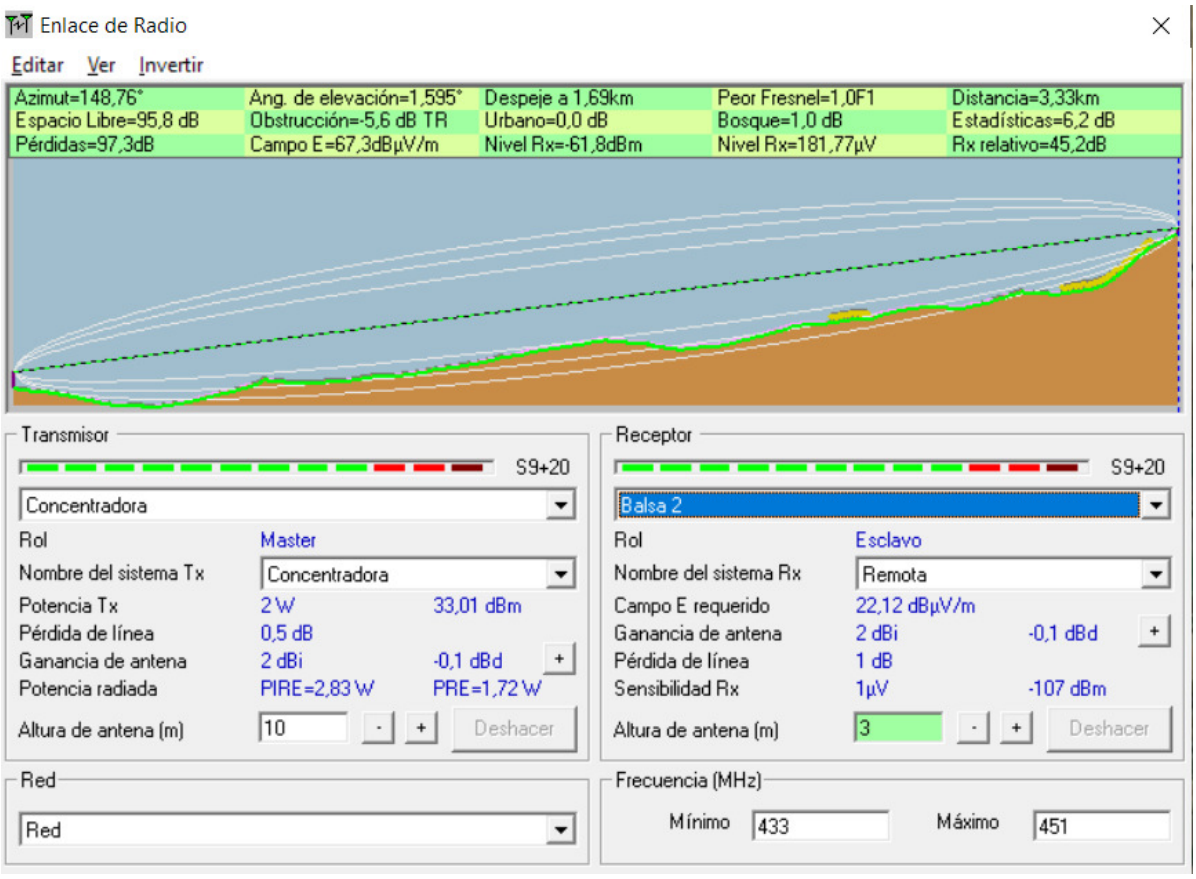


Figura 7: Radioenlaces de la remota Balsa 2 (extremo sur) con la concentradora.

En los dos casos la visibilidad y los niveles de señal son excelentes. En el primer caso no hay visibilidad directa, pero los obstáculos son pequeños y permiten a la onda adaptarse. En el segundo radioenlace, la concentradora y la remota se encuentran en los extremos de un valle, situación con condiciones ideales para la comunicación radio.

Desde la ubicación propuesta para la concentradora, se puede dar cobertura a todos los hidrantes de la red de riego.

7.3.2. CONCLUSIÓN

Las pruebas realizadas demuestran que se podrá dar cobertura a todas las unidades remotas instalando una unidad concentradora. La ubicación propuesta para dicha unidad es en las proximidades del hidrante H-75. Se trata de un punto con cota bajar respecto a otros puntos donde es poco probable que exista luz, lo cual obliga a la instalación de equipos fotovoltaicos para su alimentación.

Desde la estación de bombeo, que se encuentra en una cota más elevada, las coberturas teóricas son también excelentes, pero algunas remotas se encuentran muy alejadas de la concentradora. No se descarta ubicar la unidad concentradora en la estación de bombeo, por las ventajas que aporta un punto así ya explicadas anteriormente. Sin embargo, es arriesgado proponer la estación de bombeo basándose en estudios teóricos y sin realizar medidas de cobertura en campo.

Sí que se puede garantizar que únicamente será necesaria una unidad concentradora para cubrir toda la instalación.

7.4. ESTUDIO TEÓRICO DE COBERTURAS GPRS

El sistema utiliza un enlace radio GPRS para la comunicación entre la unidad concentradora y la plataforma.

Para la realización del estudio teórico de cobertura se ha utilizado la información de Telefónica Movistar.

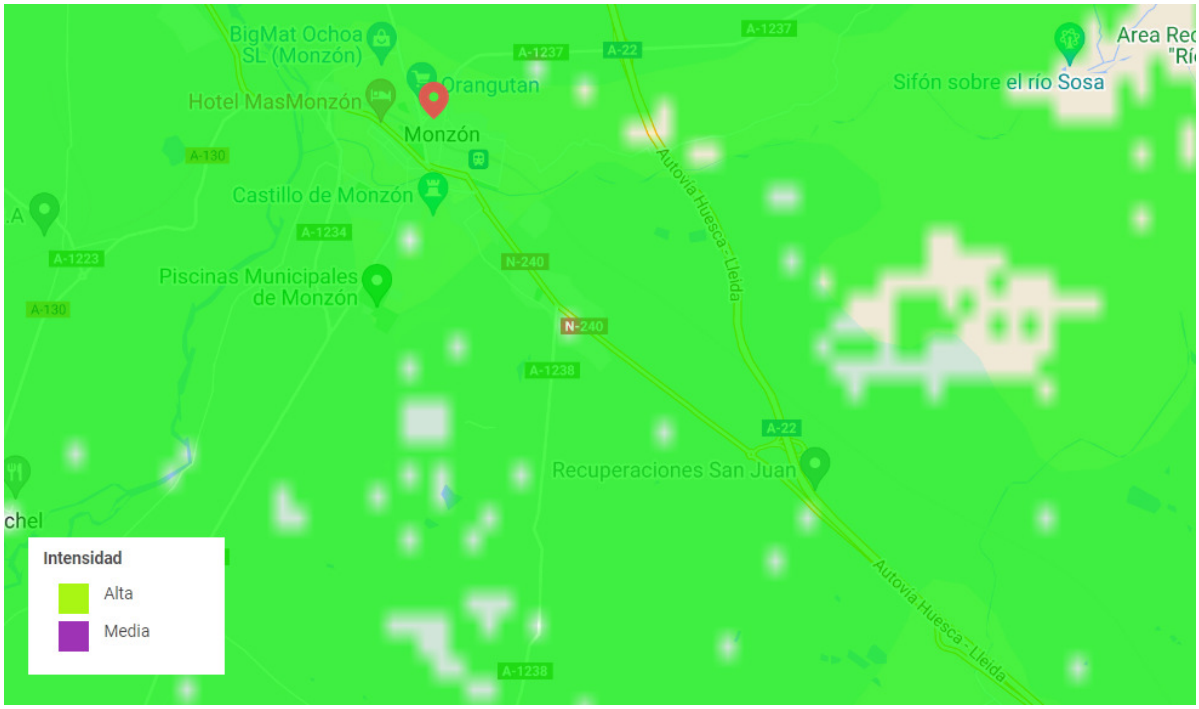


Figura 16: Cobertura GPRS.

7.5. CONCLUSIONES ESTUDIO TEÓRICO DE COBERTURAS

Según las mediciones teóricas realizadas mediante software de simulación en la Comunidad de La Alegría:

La cobertura para el sistema radio UHF Concentradora-Remotas es *MUY BUENA – EXCELENTE*

Según la información facilitada por Movistar:

La cobertura para el sistema radio GPRS Concentradora-CC es *MUY BUENA*

8. NORMATIVA

8.1. TELECONTROL DE LA RED DE HIDRANTES

UNE-EN 15099-1:2007 ERRATUM:2008 Técnicas de riego. Telecontrol de zonas regables. Parte 1: Consideraciones generales.

Interoperabilidad

La implementación de la interfaz interoperable para los sistemas de telecontrol se encuentra especificada en el proyecto de la norma UNE 318002-3 «Técnicas de riego. Telecontrol de zonas regables. Parte 3: Interoperabilidad» que está siendo elaborada por el grupo de trabajo GT3-Telecontrol del comité técnico de normalización CTN 318-Riegos de la Asociación Española de Normalización (UNE). Esta implementación estará ajustada a las especificaciones del proyecto de la norma UNE 318002-3 contenidas en su Anexo B «Interfaz de subsistemas con SOAP 1.2», si se realiza con protocolo SOAP 1.2, o a las contenidas en su Anexo G «Interfaz de subsistemas con REST», si se realiza con protocolo REST.

Este estándar establece las directrices para la interoperabilidad entre los sistemas desarrollados para la gestión y/o control de las instalaciones de riego. La norma puede ser aplicada bajo cualquier plataforma tecnológica y en cualquier tipo de sistema de riego, independientemente del esquema de gestión del agua (público o privado, individual o colectivo).

Este estándar no define los requisitos de hardware o software para ninguno de los sistemas a los que se aplica. Solo se refiere a interfaces de acceso, sin restricciones sobre las

implementaciones subyacentes. El estándar ha sido diseñado para evitar interferencias con soluciones propietarias sujetas a propiedad intelectual. Para garantizar la interoperabilidad basada en estas premisas, el estándar define tres interfaces de comunicación (Interfaz de Gestión, Interfaz de Eventos e Interfaz con Subsistemas) y la arquitectura sobre la que aplican estas interfaces. Se requieren tres niveles de arquitectura para acomodar las interfaces:

- El nivel de gestión, donde se ubicará cualquier MIS que cumpla con la norma. De todos los métodos disponibles, cada MIS solo implementará aquellos que sean necesarios para ejecutar sus funcionalidades.

- El nivel de control superior: coordinación. Este elemento de software (el bróker de coordinación) actúa como enlace entre las aplicaciones MIS y los subsistemas de control. Todos los métodos deben estar a disposición del Bróker de Coordinación para garantizar la correcta ejecución de sus tareas.

- El nivel de control inferior: RMCS. Estos también pueden denominarse subsistemas de riego. Son soluciones comerciales completas (hardware y software) diseñadas para controlar ciertas entidades de riego. Cada subsistema debe implementar los métodos necesarios para realizar las tareas de la entidad o entidades de riego que controla.

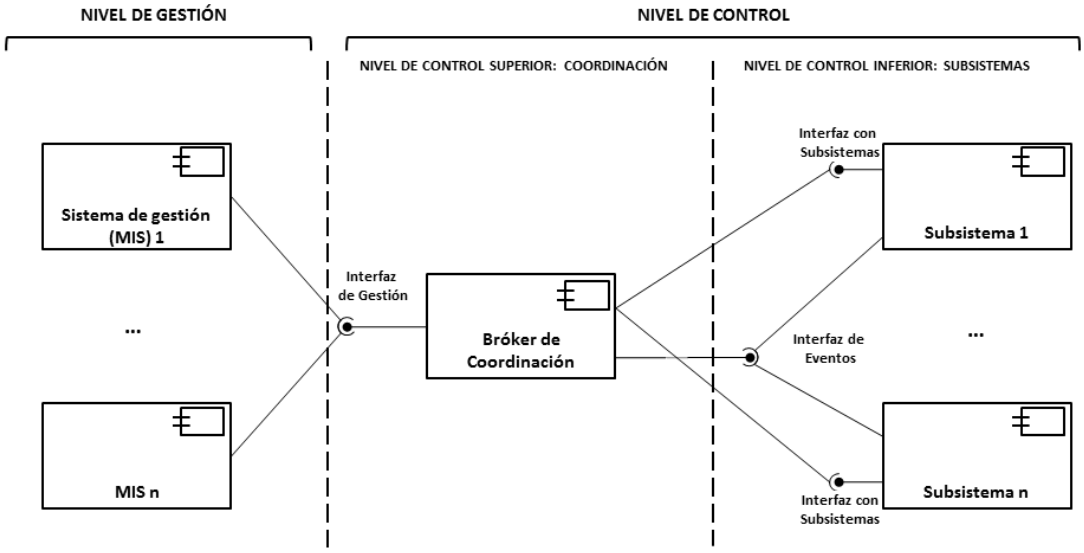
La interacción entre el lenguaje establecido y los cambios propuestos por el estándar para la arquitectura, proporciona interoperabilidad entre aplicaciones de gestión (MIS por sus siglas en inglés) y los sistemas de monitorización y control (RMCS), garantizando su independencia y el intercambio de información estandarizada.

Tanto la aplicación de control SCADA como la aplicación de gestión estarán implementadas para cumplir la norma de interoperabilidad UNE 318002-3 «Técnicas de riego. Telecontrol de zonas regables. Parte 3: Interoperabilidad».

La aplicación de control SCADA estará siempre aguas abajo del bróker de coordinación (en adelante, coordinador) y quedará implementada para comunicar con él, sea este coordinador instalado en la obra o no.

Sin embargo, la aplicación de gestión podrá implementarse bien aguas abajo del coordinador (en caso de no instalarse un coordinador) o bien aguas arriba del mismo (en caso de que sí se instale un coordinador), pero siempre implementada para comunicar con el coordinador según la norma descrita anteriormente.

Los niveles y componentes de una arquitectura interoperable quedan definidos en el siguiente esquema:



Si no se ha tenido acceso previamente a los documentos del borrador, pueden obtenerse mediante la inscripción como expertos en el CTN318-Riegos de UNE y solicitar la última versión de los documentos de la parte 3 del borrador del estándar ISO 21622 y del borrador de la norma UNE 318002-3.

9. SONDAS DE HUMEDAD

9.1. INTRODUCCIÓN

El riego es el factor principal en la producción y calidad de los cultivos en áreas de clima árido y semiárido. Para una gestión eficiente del agua en todo el perfil del suelo afectado por el riego es necesario, por tanto, el control del contenido de humedad en el suelo.

Para ello en este anejo se definirá:

- Principios de diseño y vialidad de las medias.
- Técnicas de establecimiento
- Establecer las especificaciones técnicas de los equipos a instalar.
- Metodología de lectura e interpretación de los datos y su aplicación

La medida a adoptar en este proyecto para el control de humedad en suelo es la del contenido volumétrico de agua en suelo (CVAS).

Esta medida recomienda la instalación de sensores en continúo basados en la constante dieléctrica o permisividad del suelo, dado que ésta se relaciona directamente con su contenido de humedad. Estos sensores se instalan a distintas profundidades con un registrador de datos que capturan la señal de los sensores, la almacenan y la transmiten de forma local o remota. Estos métodos no son destructivos y, aunque únicamente abarcan un pequeño volumen de suelo, bien calibrados a la solución del suelo, determinan con precisión, las dosis de riego o cantidad del agua de aplicación en un riego.

En la interpretación de los datos del contenido volumétrico de agua en suelo, hay que partir del hecho de que no debe exigirse una cifra exacta del CVAS dado que hay muchos factores que añaden incertidumbre a la precisión de la medida. Por ello, en el caso de que no se disponga de una calibración adecuada de las sondas, se debe relativizar el valor frente al máximo registrado. Se recomienda que el personal responsable de la comunidad de regantes (CR) supervise la recogida de datos de las medidas de los equipos instalados y también de las aplicaciones de riego diarias/semanales realizadas en la parcela durante un periodo de tiempo suficientemente representativo par a su posterior análisis.

Para corroborar y/o poder adoptar una decisión apropiada, la recomendación sería realizar una lectura rápida de las medidas del contenido volumétrico de agua en el suelo y si estos valores superan el 40% de humedad, al ser muy elevados podría tener indicios de posible

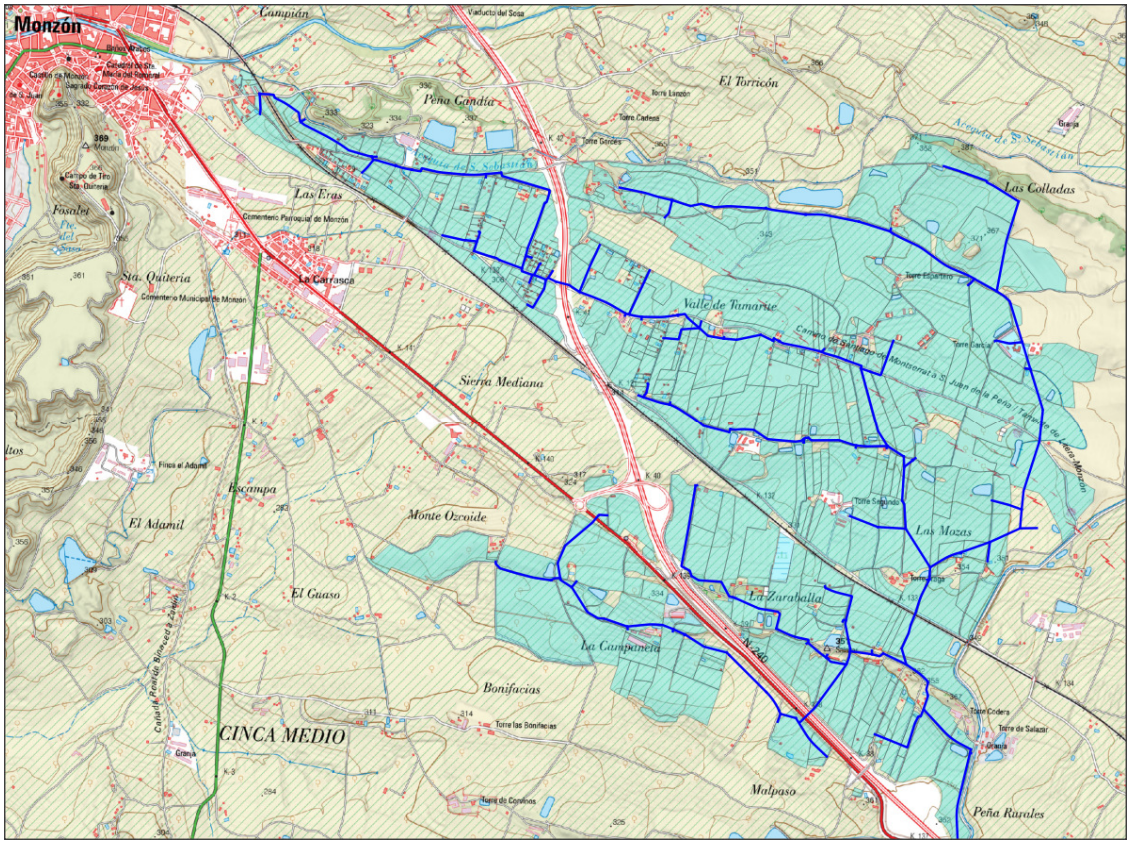
sobre-riego del cultivo. Hay que tener en cuenta que la saturación máxima es del 50-52% en suelos de textura franco-arcillosa, y que estos valores únicamente se podrían alcanzar en niveles muy superficiales del perfil de suelo y justo después de regar o tras una lluvia copiosa.

En resumen, la implantación por parte de las Comunidades de Regantes de las medidas descritas en la Directriz 1 permitirá reducir la cantidad de agua de riego sin afectar el estado hídrico del cultivo ni su producción, con el fin de mejorar la eficiencia del uso del agua y de reducir la lixiviación de nutrientes, mejorando así la sostenibilidad de los regadíos.

9.2. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

La Comunidad de regantes se abastece del Canal de Zaidín perteneciente al Canal de Aragón y Cataluña, a través de 4 tomas de riego, 2 ubicadas en el propio Canal de Zaidín y otras dos en la Acequia de San Sebastian, acequia secundaria del Canal de Zaidín. Tras la modernización del regadío toda la superficie pasará a abastecerse desde una única toma en el Canal de Zaidín. (Toma Z-2.4).

El sistema de riegos de riegos del Canal de Aragón y Cataluña se abastece desde 4 embalses pertenecientes al río Ésea y al Noguera Ribagorzana.



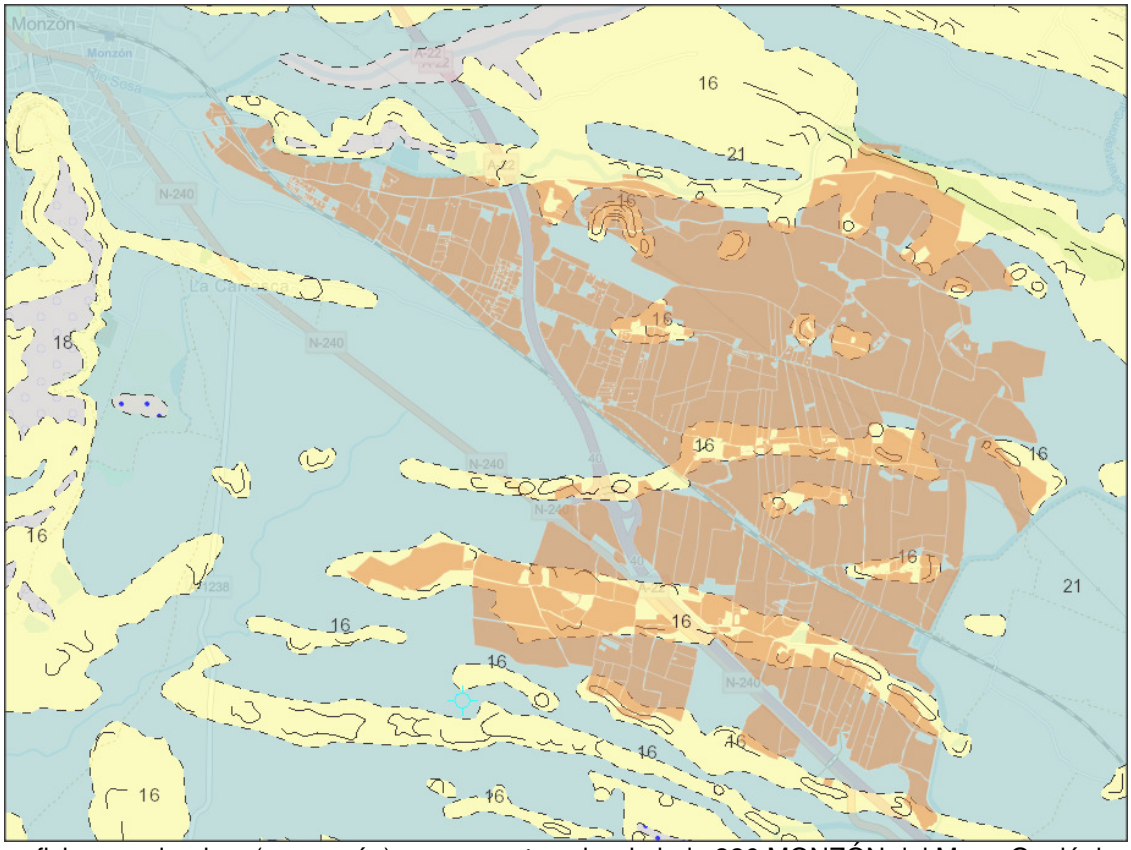
9.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS

Los aspectos más relevantes para la instalación y uso de los sensores son aquellos que dependen del suelo (características físico-químicas, textura y morfología del terreno)

Para conocer los suelos de la zona de proyecto nos hemos basado en el mapa de suelo del Instituto Geográfico Nacional. La zona de actuación se extiende en la hoja 326 MONZÓN del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 del IGME. En la figura siguiente se ha representado la zona de actuación sobre la hoja geológica citada y en ella se identifican las unidades litoestratigráficas del sustrato terciario y los diversos recubrimientos cuaternarios existentes.

Los materiales que aparecen son terrígenos de edad terciaria y materiales cuaternarios que los recubren de una forma bastante extensa.

Los sedimentos terciarios consisten fundamentalmente en facies terrígenas detríticas constituidas por areniscas y arcillas de colores pardo-amarillentos y rojizos. Los depósitos cuaternarios presentes consisten en diversos niveles de terraza (Cinca), depósitos de relleno de fondo de valle y depósitos de ladera y otros de tipo mixto (aluvial - coluvial).



Superficie a modernizar (en marrón) superpuesta sobre la hoja 326 MONZÓN del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 del IGME

En base a dicho mapa, la superficie de riego recae principalmente sobre la UC-21, correspondiente al recubrimiento cuaternario coluvio-aluvial de limos y arenas. En menor medida sobre la UC-16 (con escaso recubrimiento) que corresponde con el sustrato terciario de la zona formado por Argilitas y Areniscas.

Finalmente, en su parte sur se dispondrían sobre la UC-18, que corresponde con un nivel de recubrimiento de terraza alta formado principalmente por gravas y cuya parte superior aparece variablemente cementada-encostrada. Esta unidad únicamente afecta a la balsa elevada no existiendo superficie de cultivo sobre la misma.

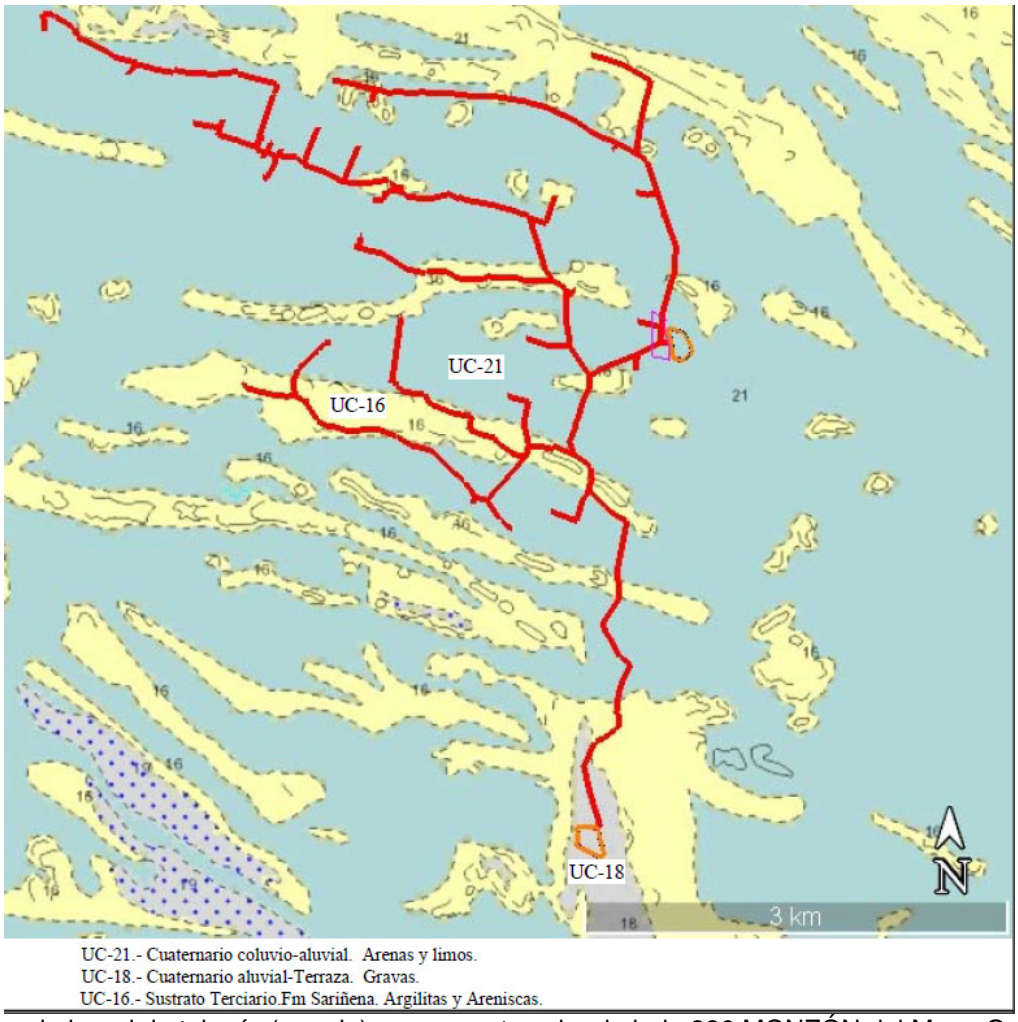
La descripción de los materiales que podemos encontrar en la zona de estudio son los siguientes:

- TERCIARIO (NEÓGENO - MIOCENO)

  - **Unidad 16: Formación de Sariñena:** Es una formación siliciclástica fluvial que constituye la formación más alta en este sector, yaciendo prácticamente horizontal en los afloramientos situados al sur del anticlinal de Barbastro. Esta unidad queda constituida por paleocanales de arenisca y conglomerados silíceos entre lutitas rojas, característicos de ríos trenzados.

- CUATERNARIO

  - **Unidad 18:** Conglomerados, arenas y limos que forman las terrazas fluviales situadas altimétricamente elevadas sobre el valle encajado del río Cinca. No afecta a la zona regable.
  - **Unidad 21:** Brechas, arenas y limos formando glacis y laderas, depósitos aluviales - coluviales recientes. Son los depósitos más extensos reconocidos en el área de estudio.



Trazados de la red de tubería (en rojo) superpuesta sobre la hoja 326 MONZÓN del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 del IGME

Los diferentes perfiles de terreno que aparecen a lo largo de la red de tuberías son variaciones laterales y en profundidad de un perfil tipo constituido de arriba abajo por:

- **UG 0. Suelo Vegetal** - Tierra de labor. También se incluyen rellenos de tierra de nivelación reconocidos en algunas de las calicatas. Este nivel se ha reconocido en todas las calicatas realizadas.

- UG I-B. Recubrimiento cuaternario de suelos de grano fino. Se ha reconocido en todas las calicatas abiertas a excepción de una donde no aparece esta unidad geotécnica. Queda integrada por arcillas limosas - limos arcillosos, arenas limosas y limos areno arcillosos.

- UG II. Sustrato terciario. Esta unidad se ha reconocido en siete calicatas. Queda integrada por argilitas y limolitas con intercalaciones de niveles de arenisca, así como niveles de arenisca más potentes. Existe una parte superior alterada (UG II-A) con espesores de 0,1 a 1,3 metros.

9.4. ALTERNATIVA DE CULTIVOS. SISTEMA DE RIEGO PREVISTO

La superficie regable total asciende a 762,3666 ha.

Se plantea una alternativa de cultivos para conocer las necesidades de riego con las cuales se dimensiona la red de riego. Se han considerado los cultivos predominantes en la actualidad, además de las preferencias futuras de los agricultores. La consideración realizada en cuanto a distribución de cultivos es la que se muestra a continuación:

	Alternativa de cultivos	Alternativa de cultivos	Sistema de riego previsto
	%	(ha)	
Alfalfa	**40,00%**	304,9466	aspersión
Maíz	**20,00%**	152,4733	aspersión
Maíz + Cebada	**18,00%**	137,2260	aspersión
Cebada	**7,00%**	53,3657	aspersión
Trigo	**5,00%**	38,1183	aspersión
Melocotón	**5,00%**	38,1183	goteo
Tomate	**5,00%**	38,1183	goteo

Cultivos extensivos: 90 % (686,13 ha) → Sistema de riego por aspersión

Cultivos leñosos: 5% 38,11 ha → Sistema de riego por goteo superficial

Cultivos hortícolas: 5% 38,11 ha → Sistema de riego por goteo superficial

9.5. APLICACIÓN DIRECTIVA 1

Se describe los detalles particulares en cuanto a la implantación de la medida a adoptar en los sistemas de riego y el diseño del sistema a nivel de comunidades de regantes.

<u>Riego por goteo superficial y aspersión</u>:

En todos los cultivos leñosos regados por goteo superficial y riego por aspersión, se establecerán 3 unidades de equipos con sondas a tres profundidades en cada punto de muestreo por cultivo y cada 50 ha. Cada unidad se instalará en puntos lo suficientemente separados entre sí como para abarcar la posible variabilidad del suelo dentro de una unidad homogéneo.

En todos los cultivos hortícolas y extensivos regados por goteo superficial y riego por aspersión, se establecerán 3 unidades de equipos con sondas a dos profundidades en cada punto de muestreo por cultivo y cada 50 ha. Cada unidad se instalará en puntos lo suficientemente separados entre sí como para abarcar la posible variabilidad del suelo dentro de una unidad homogéneo

Riego por goteo subterráneo.

No se prevé la instalación de riego por goteo subterráneo.

Aplicando la Directriz Nº 1, se estima que el número mínimo de equipos necesarios para cada zona de cultivo, teniendo en cuenta que la zona a modernizar no se encuentra catalogada como vulnerable a nitratos será la siguiente:

- Nº equipos en la superficie de riego por goteo superficial en leñosos y hortícolas → 3 equipos/50 ha = 76,2366 x 3 / 50 = 4,57 → 5 ud
- Nº equipos en la superficie de riego por aspersión en cultivos extensivos → 3 equipos/50 ha = 686,13 x 3 / 50 = 41,16 → 41 ud

Se requiere un mínimo de 46 equipos de control de la humedad (con sondas a tres o dos profundidades, dependiendo del tipo de cultivo)

Se han solicitado presupuestos a distintas casas comerciales para el suministro de los equipos de monitorización. Hay varias posibilidades en cuanto a las prestaciones de registro y envió de datos. El precio medio obtenido para cada punto de control en función del número de profundidades de medición, incluyendo accesorios necesarios para su correcto funcionamiento como la unidad datalogger, suministro, instalación y alquiler de software = 2.000,00€

Tipo riego	Tipo cultivo	Superficie (ha)	Nº equipos	Precio medio(€/ud)	Coste medio (€)
Goteo	Leñoso / hortícola	76,23	5	2.000,00	10.000,00
Aspersión	hortícola / Extensivo	686,13	41	2000	82.000,00
Total					**92.000,00**

Por presupuesto insuficiente, se toma el criterio de reducir la superficie al 25% del total, tal y como contempla la directriz 1

Se aplicará la recomendación de la propia directriz, para estos casos:

"Localizar una zona concreta en la que se pueda realizar una monitorización demostrativa para el resto de la comunidad de regantes, con una superficie de al menos el 25% del total de la comunidad. La zona elegida debe ser lo más representativa posible, englobando la máxima variabilidad de características físico-químicas del suelo y, también, de cultivos representativos de esa comunidad de regantes".

"Adicionalmente, cuando no se trate de una zona vulnerable a contaminación por nitratos, en esta parcela demostrativa se podrá reducir a 2 unidades de equipos cada 50 ha siempre que se instalen equipos que garanticen la máxima fiabilidad de las medidas"

Si el cultivo se sitúa en zonas vulnerables por contaminación difusa producida por los nitratos se realizará el siguiente protocolo:

- *El número de puntos de muestreo se establecerá de acuerdo a la superficie de la explotación, y para superficies por encima de 10 ha. Así se dispondrá, como mínimo, de tres puntos para aquellas explotaciones con una superficie entre 10 y 20 ha, cuatro puntos para superficies entre 20 y 50 ha, y cinco puntos para superficies mayores a 50 ha. Los emplazamientos deberán elegirse de conformidad con la Administración Autonómica competente, para que resulten representativos de la tipología del suelo existente y los tipos de cultivo implantados.*
- *Para explotaciones menores a 10 ha se seguirán las recomendaciones realizadas a través de la Comunidad de Regantes a la que pertenezcan, pero, en todo caso, se deberá disponer al menos de un punto de muestreo cada 5 ha.*

Se aplica a una zona concreta la monitorización demostrativa para el resto de la comunidad de regantes en una superficie del 25%.

Tomando un 25% de las hectáreas totales dependiendo del tipo de cultivo:

Cultivo Leñosos: Número de equipos ((76,23 ha x 0,25) x 2 equipos) / 50 ha = **2 unidad de equipo con sondas a 3 profundidades**

Cultivo Hortícola y extensivo: Número de equipos ((686,13 ha x 0,25) x 2 equipos) / 50 ha = **8 unidades de equipo con sondas a 2 profundidades**

9.6. INSTALACION DE SONDAS EN LOS SISTEMAS DE RIEGO

- **Riego por goteo cultivo leñoso:**

Se controlará la humedad en 3 profundidades de forma que garantice un adecuado manejo del riego mediante el control del contenido de agua en la zona de máxima actividad radicular y a una profundidad de suelo que sobrepase la capacidad de extracción radicular, de modo que pueda servir de referencia para conocer si se está realizando una adecuada gestión del riego.

Las profundidades recomendadas, según la directriz, para instalar cada uno de los sensores son:

- 1 profundidad: 25 cm (rango de 20-50 cm)
- 2 profundidad: 50 cm (rango 45-60cm)
- 3 profundidad: (rango 70-90 cm)

En cuanto a la distribución espacial en superficie de los sensores, en términos generales se recomienda una separación entre el emisor y el sensor de 20 cm. Esta distancia podrá variar en función de la textura del suelo y por ende de la forma del bulbo húmedo. Siendo el terreno que nos ocupa predominantemente arenoso los sensores deben colocarse a 10-15 cm del emisor.

Se deberá tener en cuenta también el marco de plantación y el diseño de la instalación de riego, debiendo estudiarse cada unidad previa a su colocación.

- **Riego por aspersión cultivo herbáceo:**

Se controlará la humedad en 2 profundidades ya que la mayor actividad radicular se produce en los primeros 60 cm del suelo.

- 1 profundidades: (rango 20-30cm)
- 2 profundidad: (rango 50-60 cm)

Se recomienda optar por equipos que no necesiten cableado y empleen tecnología GPRS o similar para facilitar las labores agrícolas.

9.7. MAPA UBICACIÓN SONDAS DE HUMEDAD

En el siguiente plano se muestra la ubicación propuesta de las sondas de humedad. Para la selección de los emplazamientos propuestos se ha tenido en cuenta la distribución de cultivos y las características físicas de los suelos tratando de que sean representativas en ubicación y número con respecto a la caracterización física de los suelos descrita.

Atendiendo a estos criterios se han emplazado dos sondas de humedad, una sobre una finca de 20 ha de cultivos leñosos actualmente amueblada mediante riego por goteo y la segunda sobre otra zona de previsión de plantación frutal. Estas sondas se ubican sobre terrenos de la unidad geológica 16 (sonda nº1) y 21 (sonda nº10) respectivamente

El resto de sondas de humedad se han distribuido de manera homogénea a lo largo de toda la superficie a modernizar donde está previsto el cultivo de hortícolas y extensivos mediante un sistema de riego por aspersión. En cuanto al reparto entre las diferentes unidades geológicas se han distribuido de la siguiente forma: 3 de ellas sobre la unidad geológica 16 (sondas nº 3, 4 y 8) y el resto sobre la unidad geológica 21, que es con diferencia la más frecuente. (sondas nº 2, 5, 6, 7, y 9)

9.8. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS EQUIPOS A INSTALAR

- Sonda sin cables y con batería interna de alta capacidad.
- Diseño encapsulado.
- Forma puntiaguda para permitir una instalación fácil.
- Sensores precalibrados con posibilidad de configuración
- Envió de datos a internet vía GPRS.
- Resolución humedad = 1: 10000
- Precisión de humedad +/- 0.03% vol.

Recomendaciones para la instalación

• Evitar zonas no representativas (seleccionar las zonas representativas con la ayuda de mapas de CE aparente del suelo si es posible, en caso contrario, a través de la experiencia del agricultor).

• Realizar un riego copioso el día previo a la instalación para facilitar la introducción de las sondas en el suelo, aunque se debe evitar que el suelo esté totalmente saturado.

• Las sondas han de instalarse a aproximadamente entre 10-20 cm del gotero y sobre suelo nivelado para propiciar que el bulbo húmedo sea lo más simétrico y uniforme posible.

• Evitar, en la medida de lo posible, que existan bolsas de aire entre el suelo y la sonda, es decir, asegurar un contacto total entre las varillas y la matriz del suelo.

• Si en algún momento existe dificultad para introducir la sonda en el suelo, no golpearla para evitar dañar su electrónica.

• Usar la plantilla guía que suministra el fabricante para asegurar que las diferentes varillas se introducen de forma correcta en el suelo. Para fijar la guía a la pared del suelo se pueden utilizar clavos.

• Dejar lo más recta posible la pared del hoyo en la que se van a instalar las sondas para asegurar la correcta instalación de las mismas.

• En el caso de instalar varias sondas a diferentes profundidades, procurar que estén alineadas las unas con las otras. Asimismo, colocar primero la sonda situada a mayor profundidad y, por último, la situada más superficialmente. Por otra parte, se deben

marcar los cables de tal manera que, una vez cerrado el agujero en el suelo, se sepa a qué sonda corresponde cada cable.

• Evitar la destrucción tanto de la estructura original del suelo como de raíces activas.

• Reconstruir el suelo manteniendo la estructura y las capas originales. Para ello, se debe destinar la tierra que se ha sustraído durante la formación del hoyo para usarla posteriormente para cubrirlo y de esta forma alterar lo mínimo posible las condiciones del suelo.

• A la hora de cubrir el hoyo, se hace necesario compactar gradualmente la tierra, para ello se debe proceder echando unas cuantas palas de tierra y posteriormente compactarla cuidadosamente. Es muy importante que el suelo tenga un nivel de compactación lo más similar posible al que tenía antes de realizar el hoyo, para evitar la formación de canales preferenciales de infiltración de agua.

• En el caso de que la tierra esté muy seca, se recomienda mojarla un poco para facilitar su compactación.

• Evitar que al cubrir el hoyo pueda caer alguna piedra que pueda dañar las sondas y señalizar la zona de instalación para evitar que nadie o nada la pise.

• Dejar un tiempo posterior de estabilización del suelo. Es decir, dejar pasar unos cuantos riegos antes de tomar los primeros datos.

9.9. METODOLOGIA DE LECTURA E INTERPRETACION DE LOS DATOS Y SU APLICACION

Para la interpretación de datos lo que debe primar es la evaluación técnica y homologación de los equipos utilizados en cada caso en cuestión, creando un modelo de certificación de los datos obtenidos extrapolables a cualquier zona.

Es importante señalar que, en el caso de no disponer de una calibración de los sensores en el terreno en el que se instalen, se recomienda emplear valores relativos frente al máximo registrado (dividiendo las lecturas del sensor entre el valor máximo registrado por el propio sensor durante la época de lluvias). Además, podemos indicar que la evolución en el tiempo de los registros que ofrecen estos sensores supone una valiosa información para determinar si el riego durante la campaña fue adecuado o no.

Se recomienda, para analizar los datos de contenido volumétrico de agua en el suelo, seguir los siguientes pasos:

Un personal responsable de cada Comunidad de Regantes debe supervisar la recogida de datos de las medidas de los equipos instalados y también de las aplicaciones de riego diarias/semanales realizadas en la parcela durante un período de tiempo suficientemente representativo (por ejemplo, periodicidad bimensual) para su posterior análisis.

Tras el análisis de esta información, se podría conocer si se está llevando a cabo un uso óptimo de la información generada en la gestión del riego de la parcela del comunero de cada CR.

En este sentido, se debe presuponer que el personal técnico adaptará la toma de decisiones en la programación del riego a partir de las medidas que obtenga de los equipos, desechando o dando mayor valor a los sensores que él crea que peor o mejor están relacionándose con el estado hídrico y desarrollo del cultivo (se parte de la premisa de que el personal técnico siempre tiene en consideración las medidas de los sensores para la programación del riego).

A partir de dicha información, informen de las recomendaciones de riego al agricultor para que éste decida finalmente la dosis de riego a aplicar.

Para corroborar y/o poder adoptar una decisión apropiada, la recomendación sería realizar una lectura rápida de las medidas de contenido volumétrico de agua en el suelo, y si estos valores superaran el 40% de humedad, al ser muy elevados (bajo la premisa de un suelo de textura franco-arcillosa y adecuada calibración a la solución del suelo) podría tener indicios de posible sobre-riego del cultivo. En el caso de cultivos leñosos, la medida del sensor a la máxima profundidad (70-90 cm) sería de gran utilidad para poder tomar una decisión al respecto. En el caso de que no se disponga de una calibración de las sondas, se debe relativizar el valor frente al máximo registrado. Por ejemplo, si a 25 cm el valor máximo es 50%, una lectura de 40% supondría un 0.8. Cuando el valor de esta sonda baje de 0.7 se debería regar (no obstante, los umbrales deben fijarse dependiendo del cultivo y el tipo de suelo).

Hay que tener en cuenta que la saturación máxima es del 50-52% en suelos de textura franco-arcillosa, y que estos valores únicamente se podrían alcanzar en niveles muy superficiales del perfil de suelo y justo después de regar o tras una lluvia copiosa.