



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
DE TELECOMUNICACIÓN



Proyecto Final de Carrera:

**SISTEMA DE AUTOMATIZACION Y  
TELECONTROL PARA LA  
MODERNIZACIÓN DEL RIEGO DE  
LAS ZONAS 3 Y 4 DE LA  
COMUNIDAD DE REGANTES DE LA  
SAFOR**

**AUTOR:** Carlos Molés Fortea

**DIRECTOR:** Vicent Miquel Rodrigo Peñarrocha

MARZO DE 2013



El presente proyecto ha sido realizado en el marco laboral de la empresa ELECTRONOBO S.L., tras la resolución a su favor del concurso convocado a tal efecto por el organismo público estatal SEIASA de la MESETA SUR S.A., cuyo objetivo es la automatización y telecontrol de la red hidráulica de abastecimiento agrícola para las zonas 3 y 4 de la Comunidad de Regantes de la SAFOR. Por cuestiones de retrasos en la obra de las zonas 1 y 2 estas se ejecutarán tras haber finalizado las de las zonas 3 y 4.

Todos los datos manejados en este proyecto son propiedad de Electronobo S.L., y en muchas ocasiones no se podrá profundizar del todo en la materia debido a la confidencialidad y al secreto empresarial.

La realización del presente proyecto no habría podido llevarse a cabo sin la inestimable colaboración de mi tutor D. Vicent Rodrigo Peñaranda, al que le estoy infinitamente agradecido por darme un “empujón” anímico periódicamente para que no abandonase. También quiero agradecer el apoyo dado por mi familia y mi pareja, por creer en mí después de tanto tiempo aplazando en mi vida este proyecto final de carrera. Por último, agradecer a mi empresa las facilidades que me han dado para realizar tanto el PFC como la confianza plena depositada en mi persona para la ejecución íntegra del presente proyecto en el marco laboral.



## **INDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>15</b>
1.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO, JUSTIFICACION DEL PASO DEL RIEGO TRADICIONAL AL RIEGO POR GOTEO.....	15
1.2. HISTORIA DEL PROYECTO, EMPLAZAMIENTO Y UBICACIÓN .....	19
1.3. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO .....	21
1.4. FASES DE PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	22
<b>2. LA EMPRESA Y SU DESARROLLO A NIVEL NACIONAL .....</b>	<b>27</b>
2.1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA .....	27
2.2. ÁREAS DE ACTIVIDAD .....	27
2.3. ÁREAS DE ESPECIALIZACIÓN DE NUESTRA EMPRESA.....	28
2.4. APLICACIONES .....	29
2.5. ORGANIGRAMA CORPORATIVO.....	31
2.6. OBRAS EJECUTADAS EN LA ACTUALIDAD.....	32
<b>3. ESTRUCTURA DE LA RED DE TELECONTROL. DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DEL SISTEMA.....</b>	<b>35</b>
3.1. ARQUITECTURA FUNCIONAL DEL SISTEMA .....	35
3.1.1. UNIDADES DE CAMPO, TAMBIEN DENOMINADAS UNIDADES REMOTAS .....	36
3.1.2. UNIDADES CONCENTRADORAS .....	39
3.1.3. OTROS ELEMENTOS OPCIONALES .....	41
3.1.4. CENTRO DE CONTROL.....	41
3.2. LÓGICA DE ACTUACIÓN Y MANEJO DE LOS ELEMENTOS DE CAMPO .....	45
3.2.1. ESTABLECIMIENTO Y DEFINICION DE COMUNICACIONES ENTRE ELEMENTOS. ....	46
3.3. DIMENSIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS .....	48
3.3.1. ALIMENTACIÓN DE LAS UNIDADES DE CAMPO .....	48
3.3.2. ALIMENTACIÓN DE UNIDADES CONCENTRADORAS Y RADIOMODEMS .....	50

**4. ESTUDIO DE COBERTURAS PREVIO.....51**

4.1. INTRODUCCION AL METODO..... 51

4.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y TELECONTROL EN LO QUE SE REFIERE A ENLACES RADIOELECTRICOS ..... 53

4.2.1. ESTUDIO DE ALCANCE PARA LA COMUNICACIÓN ENTRE LOS CABEZALES 3 Y 4..... 53

4.2.2. ESTUDIO DE ALCANCE PARA LA COMUNICACIÓN ENTRE LOS CABEZALES Y SUS UNIDADES REMOTAS..... 62

4.3. SITUACION REAL EN TERMINOS DE POTENCIAS RECIBIDAS POR LOS HIDRANTES..... 69

**5. ANÁLISIS ESPECTRAL Y ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS75**

5.1. ANALISIS DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN LAS BANDAS DE LAS FRECUENCIAS DE TRABAJO. ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS DE FORMA ÓPTIMA. .... 75

5.2. PETICIÓN OFICIAL AL COLEGIO DE TELECOMUNICACIONES ..... 85

**6. FUNCIONALIDADES DEL SOFTWARE DEL CENTRO DE CONTROL.....93**

6.1. ESTRUCTURA DE ARCHIVOS DEL PROGRAMA DE GESTION DE RIEGO: SCADA Y CONTROL DE HIDRANTES..... 94

6.2. SCADA: SOFTWARE DE CONTROL DE LOS CABEZALES DESDE EL PC..... 98

6.2.1. MENU..... 101

6.3. SOFTWARE DE CONTROL DE HIDRANTES. .... 110

**7. PROGRAMACIÓN DE LOS AUTÓMATAS DE LOS CABEZALES..... 139**

7.1. CABEZAL 3 ..... 143

7.2. CABEZAL 4 ..... 171

<b>8. COMUNICACIÓN ENTRE SCADA Y PLC.....</b>	<b>175</b>
<b>9. PUESTA EN MARCHA. ....</b>	<b>187</b>
9.1. PUESTA EN MARCHA DE LOS CABEZALES .....	187
9.1.1. <i>INSTALACION DE LOS CUADROS ELECTRICOS EN AMBOS CABEZALES DE RIEGO</i> .....	187
9.2. PUESTA EN MARCHA DE LOS POZOS AUXILIARES .....	194
9.3. PUESTA EN MARCHA DE LOS HIDRANTES Y PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO FINAL.....	196
<b>10. LÍNEAS ACTUALES Y FUTURAS. ....</b>	<b>203</b>
10.1. POSIBLES AMPLIACIONES EN TOMAS DE USUARIO.....	203
10.2. AZUD, CABEZALES 1 Y 2. ....	204
10.3. PLAN DE MANTENIMIENTO. ....	210
10.4. SISTEMA DE ALARMA ANTI-INTRUSISMO A PETICION DE LA COMUNIDAD DE REGANTES.....	211
<b>11. CONCLUSIONES.....</b>	<b>213</b>
<b>12. ANEXOS:.....</b>	<b>215</b>
ANEXO I: MANUALES DE USUARIO UNIDAD REMOTA, CONCENTRADOR, RADIOMODEM .....	21515
ANEXO II: ESQUEMAS ELECTRICOS .....	21569
<b>13. BIBLIOGRAFIA ADJUNTA.....</b>	<b>21579</b>



## **INDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1: Vista aérea zona de riego.....	19
Ilustración 2: Organigrama Corporativo.....	31
Ilustración 3: Oras ejecutadas en la Com. Valenciana .....	33
Ilustración 4: Arquitectura funcional del sistema.....	35
Ilustración 5: Unidad Remota.....	36
Ilustración 6: Unidad Concentradora.....	39
Ilustración 7: Autómata Koyo DL06.....	43
Ilustración 8: Analizador de Red PM700 .....	44
Ilustración 9: Cable Comunicación Serie .....	45
Ilustración 10: Cable de Configuración.....	45
Ilustración 11: Modelo Digital de Terreno .....	52
Ilustración 12: Elementos de telecontrol de los cabezales 3 y 4 .....	53
Ilustración 13: Distancia entre Cab. 3 y 4 .....	54
Ilustración 14: Perfil de visión radioeléctrica entre el Cab. 3 y el 4.....	55
Ilustración 15: Antena radioenlace .....	56
Ilustración 16: Perfil de visión radioeléctrica entre el Cab. 4 y el 3.....	56
Ilustración 17: Parámetros configuración Tx Radiomódem Cabezal 3.....	57
Ilustración 18: Parámetros configuración Tx Radiomódem Cabezal 4.....	58
Ilustración 19: Potencias recibidas .....	59
Ilustración 20: Cobertura Radiomódem Cab. 3 .....	60
Ilustración 21: Cobertura Radiomódem Cab. 4.....	60
Ilustración 22: Vista de las antenas en Cabezal 3.....	62
Ilustración 23: Parámetros configuración Tx Concentrador Cabezal 3.....	63
Ilustración 24: Diagrama en 3D de un radiador omnidireccional correspondiente a las emisiones de los concentradores de los cabezales 3 y 4.....	64
Ilustración 25: Cobertura en Potencias para los Concentradores del Cabezal 3 .....	65
Ilustración 26: Cobertura en Potencias para los Concentradores del Cabezal 4 .....	65
Ilustración 27: Perfil desde el Cabezal 3 a cualquiera de los hidrantes que delimitan el contorno de su zona de cobertura .....	66
Ilustración 28: Red de dispositivos radioeléctricos .....	68
Ilustración 29: Posición antenas Cab. 3.....	69

Ilustración 30: Antena de Unidad remota.....	71
Ilustración 31: Antena de Unidad Concentradora .....	72
Ilustración 32: Diagrama de Radiación de Unidad concentradora .....	72
Ilustración 33: Antena Radiomódem.....	73
Ilustración 34: Diagrama de Radiación Radiomódem.....	73
Ilustración 35: Esquema cableado antenas Cab. 3 ó 4.....	76
Ilustración 36: Cable RG-58 – Latiguillo interior .....	76
Ilustración 37: Cable RG-213 – Para el Coaxial exterior.....	77
Ilustración 38: Conector N macho.....	77
Ilustración 39: Conector N hembra para latiguillo interior .....	77
Ilustración 40: Conector N macho para latiguillo interior.....	78
Ilustración 41: Analizador de Espectro - Agilent E4402B .....	78
Ilustración 42: Gráfico modo “MaxHold” correspondiente a 24H de muestreo en la banda 418 – 420 MHz en el Cabezal 3.....	80
Ilustración 43: Gráfico modo “MaxHold” correspondiente a 24H de muestreo en la banda 418 – 420 MHz en el Cabezal 4.....	81
Ilustración 44: Ubicacion elegida para Tx.....	82
Ilustración 45: Gráfico modo “MaxHold” correspondiente a 24H de muestreo en la banda 440 – 442 MHz en el Cabezal 3.....	83
Ilustración 46: Zona "limpia" Radioeléctricamente .....	84
Ilustración 47: Frecuencia de transmisión elegida para Radiomódems .....	84
Ilustración 48: Carpeta SCADA.....	94
Ilustración 49: Icono Software Riego.....	98
Ilustración 50: Pantalla de carga de programa.....	98
Ilustración 51: Pantalla Principal.....	99
Ilustración 52: Usuario y Contraseña .....	100
Ilustración 53: Mapa de la red hidráulica del Cabezal 3 .....	101
Ilustración 54: Mapa de la red hidráulica del Cabezal 4 .....	101
Ilustración 55: Zoom sobre la pantalla del MAPA 4.....	102
Ilustración 56: PANTALLA “CABEZAL 3” .....	103
Ilustración 57: PANTALLA “CABEZAL 4” .....	103
Ilustración 58: Pantalla Abonado Red 3 .....	105
Ilustración 59: Botón PROGRAMACIÓN.....	107
Ilustración 60: Pantalla PROGRAMACIÓN.....	108

Ilustración 61: Botón HIDRANTES.....	110
Ilustración 62: Pantalla HIDRANTES .....	111
Ilustración 63: Pantalla Hidrante concreto .....	113
Ilustración 64: Válvula .....	113
Ilustración 65: Menú desplegable de Válvula .....	114
Ilustración 66: Contador .....	114
Ilustración 67: Datos.....	115
Ilustración 68: Información de las remotas .....	115
Ilustración 69: Pantalla información contador.....	116
Ilustración 70: Modificar lecturas riego .....	117
Ilustración 71: Definición de sectores .....	118
Ilustración 72: Nuevo Sector .....	119
Ilustración 73: Asignar Válvulas a Sectores.....	119
Ilustración 74: Modificar asignación a Sectores.....	120
Ilustración 75: Programación de Sectores .....	121
Ilustración 76: Activación escalonada de seguridad.....	122
Ilustración 77: Programación de Válvulas.....	123
Ilustración 78: Configuración Alarmas Caudal .....	124
Ilustración 79: Retardo de comprobación y caudal de cierre .....	124
Ilustración 80: Configuración individual.....	125
Ilustración 81: Configuración general .....	125
Ilustración 82: Pantalla de Alarmas Emergentes .....	126
Ilustración 83: Visor de Alarmas.....	126
Ilustración 84: Habilitación de Alarmas .....	128
Ilustración 85: Configuración Puerto GSM.....	128
Ilustración 86: Teléfono envío de Alarmas .....	129
Ilustración 87: Mostrar Históricos .....	129
Ilustración 88: Parcela Nueva.....	130
Ilustración 89: Añadir y eliminar Propietarios a la parcela .....	131
Ilustración 90: Buscar Parcela .....	132
Ilustración 91: Buscar todas las parcelas .....	133
Ilustración 92: Nuevo Propietario.....	134
Ilustración 93: Buscar Propietario .....	135
Ilustración 94: Informes.....	136

Ilustración 95: Koyo DL06.....	139
Ilustración 96: Elementos Koyo DL06.....	140
Ilustración 97: Expansion Tarjeta Analógica .....	144
Ilustración 98: CONTADORES DE RED 1 Y 2.....	147
Ilustración 99: CUADRO ELECTRICO FILTRADO .....	150
Ilustración 100: FILTRADO HIDRAULICO COMPUESTO POR 3 FILTROS .....	151
Ilustración 101: Izda VARIADOR FRECUENCIA / dcha ARRANCADORES AUXILIARES .....	152
Ilustración 102: SISTEMA DE BOMBEO DEL CABEZAL 3 .....	152
Ilustración 103: PID .....	153
Ilustración 104: CUADRO ELECTRICO Y VARIADOR DE ABONADO.....	154
Ilustración 105: Set PID Tabla de direcciones .....	154
Ilustración 106: Setup PID .....	155
Ilustración 107: Setup PID 2 .....	156
Ilustración 108: Setup PID 3 .....	156
Ilustración 109: PANTALLA TACTIL MULTICOLOR ESA VT 565 W.....	171
Ilustración 110: Captura de Pantalla Táctil .....	172
Ilustración 111: Variables programa pantalla táctil.....	173
Ilustración 112: Drivers .....	177
Ilustración 113: Driver ModBus en ejecución.....	186
Ilustración 114: Cuadro eléctrico filtrado.....	187
Ilustración 115: Cuadros eléctricos Cabezal 3 .....	188
Ilustración 116: diferenciales y Magnetotérmicos.....	188
Ilustración 117: Cuadro Suministro Eléctrico Cabezal 3 ó 4 .....	189
Ilustración 118: Izda VARIADOR FREC / Dcha ARRANCADORES AUXILIARES .....	190
Ilustración 119: Izda Cuadro eléctrico para bombas inyectoras fertilizante / Dcha Bombas inyectoras .....	190
Ilustración 120: Cuadro de Telecontrol .....	191
Ilustración 121: Analizadores de Red PM700.....	192
Ilustración 122: Koyo DL05.....	194
Ilustración 123: Pantalla Pozo Auxiliar.....	195
Ilustración 124: Hoja de Control Montaje Hidrantes .....	196
Ilustración 125: Izda Base de Antena / Dcha: Antena Completa .....	197

Ilustración 126: Hidrante por dentro .....	198
Ilustración 127: Unidad Remota y cajas de empalmes conectadas .....	199
Ilustración 128: Canutillos de Conexionado marca Wurth .....	199
Ilustración 129: Izda Canutillos fundidos / Dcha Impulsores de contador.....	200
Ilustración 130: Estructura total de la Comunidad de Regantes de la Safor .....	204
Ilustración 131: Compuertas tipo TAINTOR.....	205
Ilustración 132: AZUD .....	205
Ilustración 133: CANAL HIDRÁULICO AZUD - CABEZAL 1 .....	206
Ilustración 134: CABEZAL 1, Balsa, Compuertas Balsa, Sistema BOMBEO .....	207
Ilustración 135: REPETIDOR.....	208
Ilustración 136: Bomba de Impulsión Pozo Mandarin.....	209



# 1. Introducción

## 1.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO, JUSTIFICACION DEL PASO DEL RIEGO TRADICIONAL AL RIEGO POR GOTEO.

En los tiempos que corren una de las pautas principales de comportamiento humano para mermar el deterioro del planeta es el correcto uso del que todavía es el elemento más abundante de la Tierra, el agua. Se habla actualmente de despilfarros en este recurso natural que producirán sequías en zonas donde ahora apenas se tiene en cuenta este hecho. Nuestra comunidad y también el Estado Español están llevando a cabo varias medidas para optimizar el uso correcto del agua y así no tener que lamentar en un futuro las consecuencias de una falta de control en la utilización de un bien tan preciado.

El riego tradicional o “riego a manta” consistía en un riego por inundación de la zona, con ello se cubría toda la zona a regar y por tanto la planta solo absorbía una pequeña cantidad de este agua, filtrándose o evaporándose el resto sin necesidad alguna. La modernización de este tipo de riego ha consistido en la implantación del llamado sistema de “riego por goteo”. Éste sistema consiste en la canalización total del agua hasta la zona de alcance de las raíces de la planta, para ello se utilizan unas gomas que parten de la toma de parcela de cada usuario y se extienden a lo largo de todas las plantas de dicha parcela. Las características principales del riego por goteo son:

- Utilización de pequeños caudales a baja presión.
- Localización del agua en la proximidad de las plantas a través de un número variable de puntos de emisión (emisores o goteros).
- Al reducir el volumen de suelo mojado, y por tanto su capacidad de almacenamiento, se debe operar con una alta frecuencia de aplicación, a caudales pequeños, y es fundamentalmente este objetivo el que conseguiremos con la implantación de nuestro sistema de riego.

Esta técnica de riego se ha utilizado desde la antigüedad cuando se enterraban vasijas de arcilla llenas de agua con el fin de que el agua se infiltrara gradualmente en el suelo. El riego por gota a gota moderno se desarrolló en Alemania hacia 1860 cuando los investigadores comenzaron a experimentar la subirrigación con ayuda de tuberías de arcilla para crear una combinación de irrigación y de sistema de drenaje. En los años 20, tuberías perforadas fueron utilizadas en Alemania, después O.E. Robey experimentó el riego por tubería porosa de tela en la universidad de Míchigan. Con la llegada de los plásticos modernos después de la Segunda Guerra Mundial, fueron posibles numerosas mejoras. Micro-tubos de plástico y diversos tipos de goteros han sido empleados en invernaderos en Europa y en Estados Unidos. La moderna tecnología de riego por goteo fue inventada en Israel por Simcha Blass y su hijo Yeshayahu. En lugar de liberar el agua por agujeros minúsculos, que fácilmente se podían obstruir por acumulación de partículas minúsculas, el agua se libera por tuberías más grandes y más largas empleando el rozamiento para ralentizar la velocidad del agua en el interior de un emisor (gotero) de plástico. El primer sistema experimental de este tipo fue establecido en 1959 cuando la familia de Blass en el Kibboutz Hatzerim creó una compañía de riegos llamada Netafim. A continuación, desarrollaron y patentaron el primer emisor

exterior de riego por gota a gota. Este método muy perfeccionado se ha desarrollado en Australia, en América del Norte y en América del Sur hacia el fin de los años 60.

Actualmente se han añadido varias mejoras para evitar los problemas que podría tener este sistema:

- Goteros autocompensantes: Dan un caudal más o menos fijo dentro de unos márgenes de presión. Es útil para que los goteros del final del tubo no den menos agua que los del principio, debido a la caída de presión provocada por el rozamiento. También son útiles cuando el tubo tiene que transcurrir por algún tipo de pendiente. Los goteros más bajos soportarían más presión y si no son adecuados con este sistema podrían perder demasiada agua.
- Goteros y filtros autolimpiables: Este sistema de riego es muy sensible a las partículas solidas y se suelen instalar filtros muy eficaces y con sistemas de autolimpieza periódico. Los propios goteros también pueden tener un sistema para eliminar pequeñas partículas que puedan obstruirlos.
- Goteros regulables: en los que se puede regular el caudal con un mando mecánico.

Como hemos introducido anteriormente, estas gomas o goteros tienen realizados los suficientes orificios para que el agua solo se distribuya en la zona superficial de alcance de la raíz de la planta, optimizando así el agua utilizada y añadiendo también una serie de ventajas.

El riego por goteo es un medio eficaz y pertinente de aportar agua a la planta, ya sea en cultivos en línea (la mayoría de los cultivos hortícolas o bajo invernadero, viñedos, etc.) o en plantas y árboles aislados. Este sistema de riego presenta diversas ventajas desde los puntos de vista agronómicos, técnicos y económicos, derivados de un uso más eficiente del agua y de la mano de obra. Sus principales ventajas son:

- Ahorro entre el 40 y el 60% de agua respecto a los sistemas tradicionales de riego.
- Una importante reducción de la evaporación del suelo, lo que trae una reducción significativa de las necesidades de agua. No se puede hablar de una reducción en lo que se refiere a la transpiración del cultivo, ya que la cantidad de agua transpirada (eficiencia de transpiración) es una característica fisiológica de la especie.
- La posibilidad de automatizar completamente el sistema de riego, con los consiguientes ahorros en mano de obra.
- El control de las dosis de aplicación es más fácil y completo.
- Se pueden utilizar aguas más salinas que en riego convencional, debido al mantenimiento de una humedad relativamente alta en la zona radical (bulbo húmedo).

- Una adaptación más fácil en terrenos rocosos o con fuertes pendientes.
- Reduce la proliferación de malas hierbas en las zonas no regadas. Si el agua solo alcanza la zona necesaria, las malas hierbas ya no se extenderán por toda la plantación, sino solo en las porciones de tierra regadas, con ello será más fácil su exterminación con herbicidas, ya sea sulfatando o inyectando herbicida líquido en la entrada de la toma de parcela.
- Permite el aporte controlado de nutrientes con el agua de riego sin pérdidas por lixiviación con posibilidad de modificarlos en cualquier momento del cultivo (fertirriego). El proceso de abonado se hace también más efectivo, puesto que los abonos dejan de esparcirse en forma de granulado por toda la superficie de la parcela (con el consiguiente trabajo físico que esto suponía, y al igual que lo mencionado para el agua, también se despilfarraría abono) y se focaliza su uso a través de los goteros, disolviendo abonos líquidos en la entrada de la toma de parcela o en el mismo cabezal de riego, que será uno de los objetivos implementados en este proyecto. Además obtenemos un ahorro importante en la compra de productos fitosanitarios y abonos, debido al volumen total que maneja la instalación en contraste con el que consumiría un solo propietario.
- Permite el uso de aguas residuales ya que evita que se dispersen gotas con posibles patógenos en el aire.

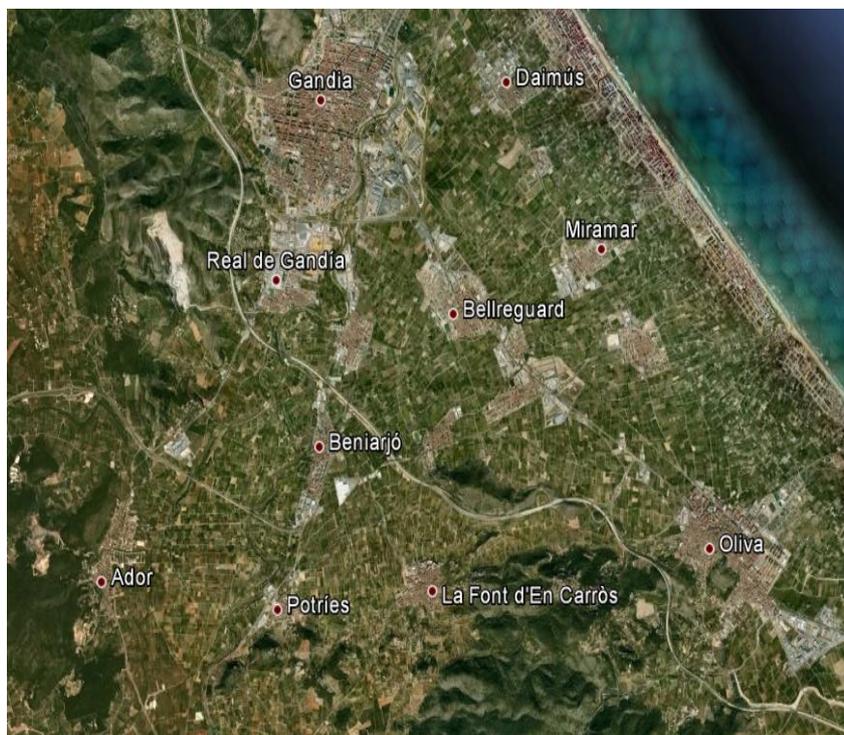
Tras enumerar todas estas ventajas cabe destacar que este tipo de riego también presenta unos pequeños inconvenientes, a saber:

- El coste elevado de la instalación. Se necesita una inversión elevada debida a la cantidad importante de emisores, tuberías, equipamientos especiales en el cabezal de riego y la necesidad casi obligatoria de un sistema de control automatizado (electro-válvulas). Sin embargo, el aumento relativo de coste con respecto a un sistema convencional no es prohibitivo.
  - El alto riesgo de obturación (“clogging” en inglés) de los emisores, y el consiguiente efecto sobre la uniformidad del riego. Esto puede ser considerado como el principal problema en riego por goteo. Sin embargo, en los últimos años, gracias a la aparición en el mercado de goteros “autocompensados” y “autolimpiantes”, este problema se ha reducido notablemente, ya que estos goteros tienen el paso más amplio, permitiendo el paso de partículas de mayor tamaño, y así pues, la regulación del caudal se obtiene no mediante un “laberinto” o un orificio de pequeño diámetro, sino mediante la membrana de silicona que autorregula la presión interna del gotero, y por tanto el caudal de salida. Teniendo en cuenta esta característica, en la actualidad hay sistemas que funcionan con aguas residuales y aguas grises.
- La presencia de altas concentraciones de sales alrededor de las zonas regadas, debida a la acumulación preferencial en estas zonas de las sales. Esto puede constituir un inconveniente importante para la plantación si las lluvias no son suficientes para lavar el suelo en su totalidad.

Con todo ello, y existiendo estos pequeños inconvenientes, parece lógico que todas las extensiones agrarias migren en un futuro próximo hacia el ventajoso sistema de riego por goteo, y con este fin la Unión Europea ha establecido un paquete de subvenciones económicas para que este cambio no le sea tan costoso al agricultor final. Con el propósito de gestionar estas dotaciones económicas han nacido organismos nacionales de ámbito territorial, como es el caso del que gestiona la ejecución del presente proyecto, SEIASA (Sociedad Estatal de Infraestructuras Agrarias S.A.) de la MESETA SUR que comprende en su ámbito de actuación las zonas regables pertenecientes a la Meseta Sur peninsular, esto es, aquellas cuya superficie mayoritaria se encuentre localizada en las Comunidades Autónomas de Extremadura, Madrid, Castilla-La Mancha y Comunidad Valenciana; y que fue en su día la encargada de otorgar la ejecución del presente proyecto a nuestra empresa.

## 1.2. HISTORIA DEL PROYECTO, EMPLAZAMIENTO Y UBICACIÓN

La Ministra de Agricultura, Pesca y Alimentación, Elena Espinosa, inauguró la mañana del 1 de marzo de 2007, en compañía del Delegado del Gobierno, Antoni Bernabé, y del presidente de la Sociedad Estatal de Infraestructuras Agrarias, SEIASA de la Meseta Sur, S.A., Francisco Rodríguez Mulero, las Obras de Modernización y Consolidación de los Regadíos de la Comunidad de Regantes Riegos del Río Alcoy, en la comarca valenciana de La Safor. La inversión supone más de 10 millones de euros en la modernización de los regadíos en La Safor y está financiada por el Ministerio de Medioambiente y Medio Rural y Marino, así como por el Fondo Social Europeo. Si analizamos datos concretos, las obras, suponen una inversión de 10.057.784,96 euros, han afectado a un total de 1.100 hectáreas correspondientes a 6.664 regantes, y permitirán ahorrar 1,2 hectómetros cúbicos de agua al año. La superficie afectada se distribuye en diez términos municipales: Ador, Almoines, Alquería de la Condesa, Bellreguard, Beniarjo, Beniflà, Daimús, La Font d'En Carros, Gandía y Guardamar.



**Ilustración 1: Vista aérea zona de riego**

Ante la situación de deterioro de las infraestructuras hidráulicas de la red de riego original, que producía importantes pérdidas, así como la contaminación del acuífero subterráneo, la modernización ha consistido en la transformación del riego tradicional en un moderno sistema de riego localizado, que ha permitido aumentar la eficiencia en el uso del agua y asegurar al mismo tiempo la calidad de la misma.

Para ello se han construido cuatro cabezales de riego que incluyen cada uno una nave de 290 m<sup>2</sup>, una estación de filtrado, una estación de abonado, una estación de bombeo. En la actualidad existe un centro de control del riego en el cabezal 3 para los cabezales 3 y 4, y otro en el cabezal 1 para los cabezales 1 y 2, aunque en un futuro se

pretende que el control sea único para todas las zonas desde el cabezal 1 ó 3, lo cual está todavía por determinar.

Un completo sistema de automatismos regula la apertura y cierre de hidratantes, el control volumétrico del agua consumida, el accionamiento de bombas y válvulas y la medición de presiones. Todo ello se realiza vía radio, sin necesidad de desplazarse a cada parcela, lo que repercute en una considerable mejora de la calidad de vida de los agricultores.

Además, se ha instalado una red de transporte de 6.500 metros de tuberías, una red auxiliar de cinco pozos para la impulsión hasta los cabezales en caso de necesidad extra y un total de 432 hidrantes (432 en los cabezales 3 y 4, en el cabezal 1 hay 362 y en el 2 hay 208), que además de gestionar automáticamente el riego, permiten realizar una lectura instantánea de los consumos de cada parcela.

La transformación en riego por goteo permitirá ahorrar hasta un 40 por ciento de agua, lo que supone, como ya comentamos, una reducción del gasto hídrico que se ha calculado en más de 1,2 Hm<sup>3</sup> anuales.

El objetivo principal del Ministerio de Agricultura con la modernización de los regadíos, además de un uso eficiente y ahorrativo de agua, es la mejora de la productividad de los cultivos, que se calcula en torno a un incremento del 25 por ciento.

### **1.3. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO**

El objetivo del presente proyecto es la automatización de todos los procesos involucrados en el riego por goteo de las zonas bajo estudio, zonas 3 y 4 de la Comunidad de Regantes de la Safor.

Estos procesos van desde la gestión del funcionamiento de las bombas de riego y sistemas de filtrado y abonado de ambos cabezales de riego, hasta la apertura misma de las válvulas de cada toma de usuario, con la correspondiente toma de lecturas de consumo por parcela. Todo esto se controlará desde un puesto informático central obteniendo así una globalización total de las tareas implicadas en el proceso de regadío y ahorrando enormemente en mano de obra que hasta ahora realizaban los operarios de la instalación.

Con el sistema propuesto se quiere llegar a un control total de la instalación, de manera que con tan solo un trabajador mínimamente formado en el sistema, se pueda manejar de forma rápida y sencilla todo el proceso automatizado de riego. Es evidente que seguirán existiendo otras tareas manuales que serán llevadas a cabo por operarios de mantenimiento de la instalación, como pueden ser la limpieza de filtros de toma de usuario, la sustitución de elementos dañados, etc.

Por otra parte el sistema también nos facilitará la recopilación de todo tipo de datos, ya sean con el fin de facturación de usuario o con el fin de información interna (como pueden ser gráficas de consumo hidráulico y de abonado, históricos de funcionamiento de presiones, etc.).

En resumen, obtendremos un sistema **SENCILLO** y **CENTRALIZADO** de control de la instalación de riego.

## **1.4. FASES DE PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO**

La implantación de nuestro sistema se lleva a cabo en varias fases de distintas duraciones y complejidades que ahora pasaremos a citar:

1. En primer lugar, el organismo estatal SEIASA de la MESETA SUR saca a concurso el proyecto de automatización con una serie de requisitos a cumplir por parte de las empresas que se presenten a dicho concurso.
2. Nuestra empresa, ELECTRONOBO S.L. desarrolla una solución basada en un producto propio de funcionamiento vía radio y presupuesta una oferta para la ejecución del proyecto propuesto.
3. Cumpliendo los requisitos técnicos, económicos y de garantía del sistema, junto con la fiabilidad contrastada en otros proyectos ya ejecutados por ELECTRONOBO S.L., SEIASA de la MESETA SUR otorga la ejecución del presente proyecto a nuestra empresa, y es aquí donde empiezan las fases de implementación del sistema.
4. ELECTRONOBO (en concreto yo, Carlos Molés Fortea, como responsable de ejecución del proyecto) se pone en contacto con las otras empresas de montaje del sistema en conjunto y con la Comunidad de Regantes de la Safor para unificar criterios de funcionamiento y con el fin de que nuestro sistema controle todos los equipos eléctricos implicados de la forma más adecuada: bombas hidráulicas, filtros de limpieza, electroválvulas, contadores de caudal, bombas de inyección de abono, variadores de frecuencia, arrancadores, etc.
5. Con todas las necesidades eléctricas definidas montamos los elementos necesarios (autómatas industriales, equipos de comunicaciones, fuentes de alimentación, relés, contactores, protectores magnetotérmicos, etc.) en un par de cuadros eléctricos, uno por cabezal, y estos son colocados, cableados y probados en modo manual in-situ para su posterior actuación en modo automático.
6. En el cabezal 3, que para nuestro caso será el Centro de Control, montamos un puesto informático constituido por un PC de sobremesa que a través de un conversor RS-232 a RS-485 se comunicará con el PLC de control de equipos del cabezal ubicado en nuestro cuadro, con los CONCENTRADORES correspondientes a dicho cabezal (CONCENTRADORES 3 y 4) y con el equipo de comunicación (RADIOMÓDEM) que servirá de enlace de información con los equipos similares del cuadro eléctrico de control del cabezal 4.

Esta comunicación entre equipos se realiza mediante el uso del protocolo estándar de comunicaciones MODBUS, dando a cada equipo un identificativo programable y único llamado DMBUS, quedando una pequeña tabla de asignación tal que así:

<b>EQUIPO</b>	<b>DMBUS</b>
PLC CABEZAL 3	5
CONCENTRADOR 3_CABEZAL 3	3
CONCENTRADOR 4_CABEZAL 3	4
PLC CABEZAL 4	6
CONCENTRADOR 1_CABEZAL 4	1
CONCENTRADOR 2_CABEZAL 4	2

Cabe destacar que todo el proceso de comunicación entre equipos se realiza de modo completamente transparente para el usuario.

Más adelante entraremos en detalle sobre la información citada en todo este punto.

7. En los citados cuadros eléctricos hemos visto que se instalan 2 equipos CONCENTRADORES por cada cabezal (que como veremos más adelante son capaces de gestionar un total de 132 UNIDADES REMOTAS cada uno, y por consiguiente 264 REMOTAS por cada cabezal). Cada una de las unidades remotas debe ser asignada a un concentrador y esto será en función de la proximidad con cada cabezal. Para optimizar esta asignación basándonos en términos de potencia, se debe realizar el llamado “Estudio de Coberturas”. Este estudio se realiza con un programa con licencia adquirida por ELECTRONOBO S.L. y en él se deben ubicar todos los equipos radioeléctricos con sus parámetros de transmisión determinados sobre una cartografía digital de la zona bajo estudio. Tras una serie de cálculos obtenemos aproximadamente las potencias de recepción en cada unidad remota, concluyendo, como veremos en puntos posteriores de este proyecto, que no será necesaria la implantación de estaciones repetidoras de señal. Este hecho viene dado fundamentalmente por la sencillez en lo que a perfil geográfico se refiere y también gracias a las potencias de transmisión usadas, que aún siendo bajas son suficientes para salvar pequeños obstáculos orográficos. Con la asignación adecuada de UNIDAD REMOTA-CONCENTRADOR correspondiente, y con la ayuda de un GPS los operarios de Electronobo encargados del montaje de las antenas de cada UNIDAD REMOTA realizarán el apuntamiento correcto del dipolo de cada una de ellas.
8. Una vez concluidos todos los puntos anteriores ya solo queda que un par de equipos de dos operarios cada uno lleven a cabo el montaje de los elementos necesarios en cada caseta (que a partir de ahora pasaremos a llamar HIDRANTE). Este montaje consistirá en:
  - Colocación de la antena (base, mástil de 3 metros y dipolo) correctamente apuntada.
  - Colocación de la UNIDAD REMOTA en el interior de la caseta fijada por medio de una alcañata a la pared a fin de su posterior extracción sencilla para la correcta manipulación.

- Cableado de cada solenoide o electroválvula del hidrante hasta una caja de empalmes adecuada de la cual saldrá un único latiguillo (por cada grupo de 2 o 4 solenoides) hacia la UNIDAD REMOTA. En nuestro caso como cada HIDRANTE solo tiene una electroválvula o como máximo dos, solo existirá una caja de empalmes de solenoides y un latiguillo hacia la unidad.
- Cableado de cada contador de consumo de parcela del hidrante hasta una caja de empalmes adecuada de la cual saldrá un único latiguillo (por cada grupo de 4 o 7 contadores) hacia la UNIDAD REMOTA.
- Programación de todos los parámetros de la UNIDAD REMOTA y verificación de funcionamiento tanto de comunicaciones con su concentrador como de correcta adquisición de datos de los contadores de caudal y de activación y desactivación de la electroválvula correspondiente. Como veremos más adelante, describiéndolos con mayor detalle, los parámetros a introducir en cada remota serán:
  - CH (canal radioeléctrico del concentrador al que haya sido asignada)
  - N (identificativo de dicha unidad remota dentro de su concentrador, del 1 al 132)
  - RED (1 para estar enlazada al concentrador y 0 para hacer actuaciones en local sin que el concentrador machaque las ordenes que introduzcamos)
  - NOUT (número de solenoides a controlar por la unidad remota, que en nuestro caso siempre será 1 porque como ya dijimos todos los hidrantes contienen una única electroválvula)
  - TDIVx (siendo x la posición de cada contador, indicara el numero de pulsos por m<sup>3</sup> que incrementan el valor del totalizador a enviar al centro de control. Pondremos TDIVx=1 para contadores que nos den un solo pulso por m<sup>3</sup> y TDIVx=10 para contadores que nos den 1 pulso cada 100 litros o lo que es lo mismo, 10 pulsos por m<sup>3</sup>.
  - QINTx=4 factor involucrado en el cálculo del caudal instantáneo, y más concretamente en el tiempo que consideraremos para volcar a cero el caudal instantáneo tras la recepción del último pulso de contador (ya que como es evidente no podemos estar infinitamente esperando un pulso siguiente en el caso de que haya concluido el riego).
  - PO = factor de amplificación de potencia de transmisión que nos permite radiar una potencia óptima (500 mW) para un consumo adecuado de baterías y a la vez para una distancia cubierta de radiación de unos 6 km.
  - ETC.

Si tenemos en cuenta que cada equipo de dos operarios de montaje tarda aproximadamente una hora en mecanizar y probar completamente el hidrante, trabajando unas 8 horas diarias (excluyendo desplazamientos), los dos equipos montan una media de 16 hidrantes al día. Sabiendo que la obra consta de aproximadamente 435 hidrantes, la ejecución completa de esta fase de montaje tendrá una duración estimada de unos 27 días lectivos. Por tanto pensamos que en menos de dos meses concluirá la fase de montaje de hidrantes.

9. Por último, el proyecto incluye el control de 5 pozos de refuerzo (inyectarán agua a la red en los casos en los que la demanda supere el caudal suministrado por la canalización hidráulica proveniente del cabezal 1 que es quien abastece a los cuatro cabezales de riego con agua del río Serpis, como veremos posteriormente), en los que solo automatizaremos la marcha y paro de la bomba de extracción sumergida y un contador de consumo general. Para ello y por la sencillez de maniobra y control requerida, dispondremos en cada pozo de un PLC KOYO DL05 mucho más sencillo que el instalado en los cabezales, que junto con un radiomódem proveerá al pozo de las maniobras automáticas necesarias establecidas desde el Centro de Control. Sólo automatizaremos la marcha y paro de la bomba de extracción sumergida y un contador de consumo general.
10. Con todos los equipos instalados se realizará una puesta en marcha global por parte de ELECTRONOBO S.L. y la Comunidad de Regantes para ajustar el funcionamiento óptimo del sistema.
11. Una vez finalizadas todas las fases de instalación anteriores se formará al personal encargado de la instalación para el correcto uso del sistema, ofreciendo apoyo telefónico constante en caso de necesitarla en un futuro.
12. En último lugar se establecerá un periodo de garantía de 2 años según la legislación vigente, durante los cuales ELECTRONOBO S.L. prestará servicio de reparación gratuito a todas aquellas averías acontecidas por cualquier anomalía de fábrica de los equipos instalados.



## 2. La Empresa y su Desarrollo a Nivel Nacional

### 2.1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

*ELECTRO NOBO S.L.* se constituyó como sociedad limitada el 26 de febrero de 1988. Está inscrita en el Registro Mercantil de Castellón, en el Tomo 632, libro 199, Sección 8, Folio 86, hoja CS-5327 y demás registros oficiales preceptivos, entre los que destacamos el del Ministerio de Economía y Hacienda, con C.I.F. B-12.094.306 y el de la Tesorería General de la Seguridad Social, con el número 12/000000000.

En la actualidad *ELECTRO NOBO, S.L.* cuenta con una plantilla estable de 30 trabajadores, y distribuye su principal actividad en sectores de la industria tales como automatización, instalaciones eléctricas, informática y electrónica. No obstante, en los últimos cinco años la empresa se ha especializado en la automatización de instalaciones hidráulicas desarrollando su propia línea de productos en este campo.

*ELECTRO NOBO, S.L.* obtuvo la certificación de su *Sistema de Gestión* de calidad conforme a la norma ISO 9001:2000, expedida por la empresa certificadora BVQI. Con el número de certificado ESPMDD004914, con fecha 20 de Agosto de 2004.

*ELECTRO NOBO, S.L.* tiene su domicilio social en el polígono industrial *La Rosaleda*, nave 12, de Vila-real C.P. 12.540 (Castellón).

### 2.2. ÁREAS DE ACTIVIDAD

- AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.

Dentro del campo de la automatización nuestra empresa tiene capacidad para realizar el diseño y la implementación de automatizaciones de procesos industriales que pueden ir desde el uso de micro-autómatas hasta complejos sistemas de telecontrol, pasando por el control de procesos mediante PLC's y sistemas SCADA.

- ELECTRÓNICA INDUSTRIAL.

En *ELECTRO NOBO, S.L.* disponemos de las herramientas software necesarias para realizar diseños electrónicos en base a las exigencias de nuestros clientes, y también de los medios para implementar estos diseños en PCB's.

- INFORMÁTICA INDUSTRIAL.

Dentro de esta sección de *ELECTRO NOBO, S.L.* se realiza, por una parte, la programación de los PLC's integrados en nuestros sistemas de automatización y por otra, las aplicaciones informáticas necesarias para permitir el control de procesos por parte del usuario desde un PC. Éstas últimas interactúan con software SCADA y con los mismos autómatas, pero también pueden realizar otras muchas funciones como gestionar alarmas o acceder a bases de datos.

- I+D+I

En esta sección de la empresa es donde se desarrollan los proyectos desde su concepción hasta su fabricación en serie. El departamento de I+D+I está integrado por personal cualificado en los campos de la electrónica, la informática y las telecomunicaciones que trabaja conjuntamente en todas las fases del proceso: estudio, diseño de hardware, implementación (prototipos), diseño de software y testeo. Pero la función de este departamento no finaliza aquí, pues la solución final queda siempre abierta a mejoras, ofreciendo así la posibilidad de que nuestros productos estén en continua evolución.

## 2.3. ÁREAS DE ESPECIALIZACIÓN DE NUESTRA EMPRESA

### ✓ AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMAS HIDRÁULICOS

Un ámbito de especialización muy importante en la actividad de **ELECTRO NOBO, S.L.** ha sido la automatización de los sistemas de abastecimiento de agua y riego localizado. Avalada por varios años de experiencia en el mundo de la hidráulica, esta empresa posee los conocimientos, equipos y recursos humanos necesarios para el diseño, instalación y mantenimiento del control automatizado de prácticamente cualquier instalación hidráulica.

Algunas de las aplicaciones del automatismo dentro este sector han sido el control del nivel de pozos, gestión del abonado, limpieza de filtros, control de válvulas, lectura de contadores o la monitorización de presiones y temperaturas.

### ✓ SISTEMAS DE TELECONTROL Y COMUNICACIONES VÍA RADIO.

**ELECTRO NOBO, S.L.** dispone de sus propias soluciones comerciales para la monitorización y el control de procesos vía radio. En nuestro departamento de I+D+I se han desarrollado los equipos de telecomunicaciones necesarios para formar redes de datos punto-multipunto y radioenlaces punto a punto. Aprovechando estas infraestructuras se estudia la solución personalizada que mejor se adapte a las necesidades de cada cliente.

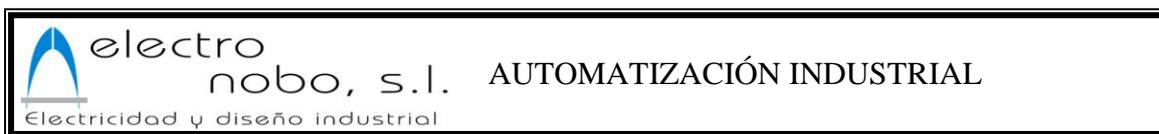
La versatilidad de este sistema permite una infinidad de aplicaciones tanto en entornos rurales o industriales, donde se puede trabajar a frecuencias libres o con licencia y la zona a cubrir puede llegar a ser muy extensa, como en entornos urbanos, en los que la transmisión de datos se realiza mediante GPRS para evitar problemas de cobertura.

### ✓ SISTEMA DE RIEGO GOOTEM®RF



La aplicación del telecontrol a la automatización de sistemas hidráulicos ha llevado a **ELECTRO NOBO, S.L.** a desarrollar su propio sistema de gestión de riego localizado vía radio, que es comercializado bajo la marca GOOTEM®RF.

## 2.4. APLICACIONES



- Controles de producción.
- Proyectos automatización.
- Automatización de procesos.
- Controles inteligentes.
- Sistemas de comunicaciones industriales.
- Controles de sistemas de pesaje.
- Sistemas hidráulicos.
- Controles numéricos.



- Ingeniería electrónica.
- Sistemas electrónicos a medida.
- Convertidores de señal.
- Sistemas de alimentación.
- Secuenciadores.
- Unidades de comunicación vía radio.
- Unidades de comunicación vía cable.



- Ingeniería informática.
- Sistemas de control.
- Sistemas de adquisición y supervisión de datos.
- Desarrollo de aplicaciones especiales.
- SCADA.
- Software de telecontrol.
- Software de telemando.



- Radio módems.
- Concentradores.
- Unidades de Campo.
- Telemandos.
- Módems GSM-GPRS
- Software para control hidráulico.
- Software para gestión de comunidades de regantes.

## 2.5. ORGANIGRAMA CORPORATIVO

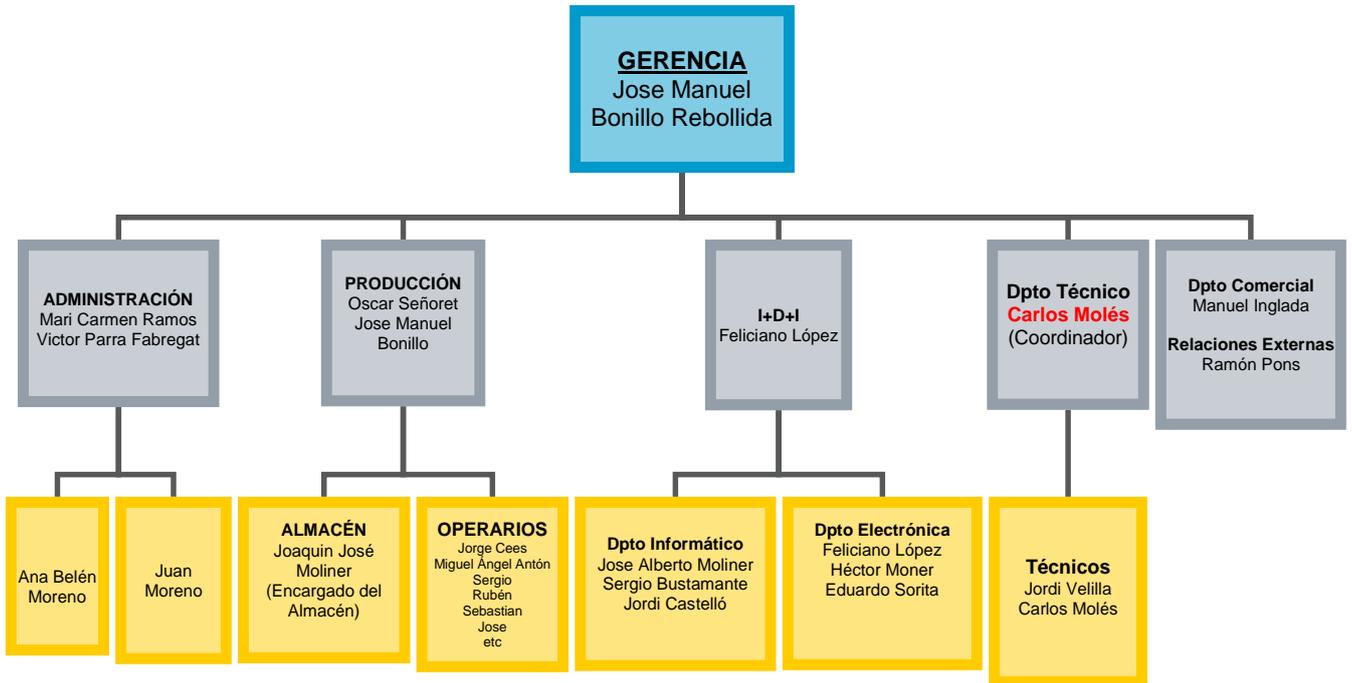


Ilustración 2: Organigrama Corporativo

## **2.6. OBRAS EJECUTADAS EN LA ACTUALIDAD**

A continuación citaremos las obras que se encuentran ejecutadas en la actualidad y su ubicación, para hacernos una idea del volumen de negocio de nuestra empresa, así como del alcance geográfico de esta:

### **COMUNIDAD VALENCIANA**

**Comunidad de Regantes Planetes Hermites (Vinaroz)**  
**Finca Mas de Randers (Cabanès)**  
**Comunidad de Regantes Cota 220 (Onda)**  
**Comunidad de Regantes de Vila Real**  
**Comunidad de Regantes de Betxí Oest (Betxí)**  
**Comunidad de Regantes de Bobalar (Betxí)**  
**Comunidad de Regantes de Dualde (Betxí)**  
**Comunidad de Regantes El Progreso de San Cristóbal (Nules)**  
**Comunidad de Regantes de Moncófar**  
**Finca L'Oliveral (Vall d'Uixó)**  
**Comunidad de Regantes La Punta (Vall d'Uixó)**  
**Comunidad de Regantes Viver**  
**Comunidad de Regantes Altura**  
**Comunidad de Regantes Villar del Arzobispo**  
**Comunidad de Regantes de Casinos**  
**Comunidad de Regantes Los Ruices (Requena)**  
**Comunidad de Regantes La vega de San Antonio (Requena)**  
**Comunidad de Regantes Las Casas y los Corrales (Utiel)**  
**Comunidad de Regantes San Juan Bautista (Benifaió)**  
**Comunidad de Regantes El Montot (Benimodo)**  
**Comunidad de Regantes San Rafael Sector III (Benimodo)**  
**Comunidad de Regantes Acequia Alédua (Alginet)**  
**Comunidad de Regantes Torrent**  
**Comunidad de Regantes La Safor Cabezales 1, 2, 3 y 4**  
**Aguas Potables Alcublas**  
**Comunidad de Regantes Altea**

### **RESTO DE ESPAÑA**

**Comunidad de Regantes Virgen del Rocío (Sevilla)**  
**Comunidad de Regantes Las Riscas (Badajoz)**  
**Comunidad de Regantes Las Peñuelas (Sevilla)**  
**Comunidad de Regantes Talavera la Real (Badajoz)**  
**Comunidad de Regantes de Lucefecit (Terena - Portugal)**



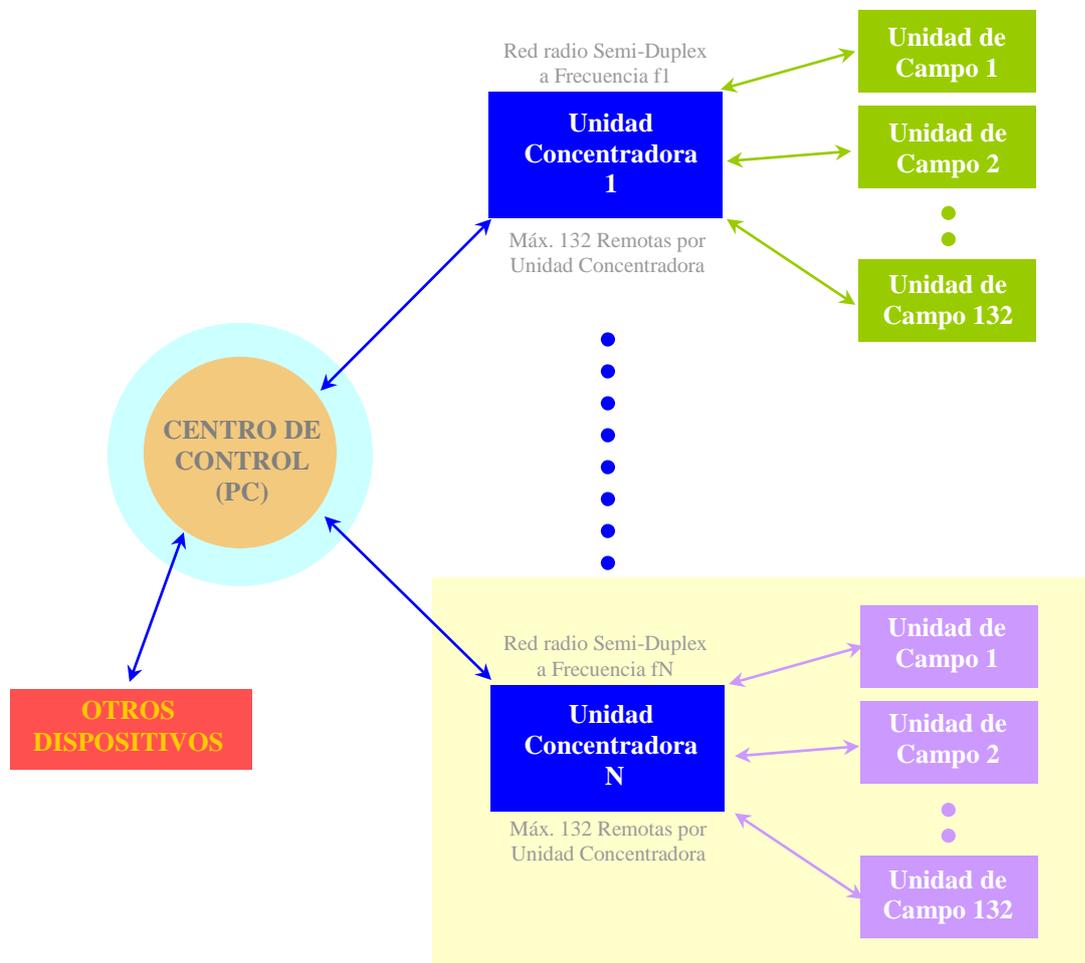
**Ilustración 3: Horas ejecutadas en la Com. Valenciana**

Como podemos apreciar el mapa es tan solo orientativo para darnos una idea de la evidente concentración masiva de obras en Castellón, lo cual es lógico debido a nuestro emplazamiento. Pero nuestra empresa se encuentra abriendo mercado a nivel tanto nacional (Navarra, Cáceres, Badajoz, Huesca y Sevilla son nuestros futuros más

próximos, mejor dicho nuestros presentes, debido a que ya estamos instalando en estas zonas) como fuera de nuestras fronteras, como por ejemplo en Argelia, Marruecos, Chile, Méjico (con las cuales ya tenemos proyectos prácticamente cerrados para una ejecución próxima e incluso programadores de riego instalados a modo de exposición en campo).

### 3. Estructura de la Red de Telecontrol. Descripción Funcional del Sistema.

#### 3.1. ARQUITECTURA FUNCIONAL DEL SISTEMA



**Ilustración 4: Arquitectura funcional del sistema**

La arquitectura del sistema de riego bajo análisis consta de cuatro bloques que interactúan entre ellos, siendo estos que pasamos a enumerar a continuación.

### 3.1.1. UNIDADES DE CAMPO, TAMBIEN DENOMINADAS UNIDADES REMOTAS:



**Ilustración 5: Unidad Remota**

Su función es la de responder a las peticiones de riego realizadas desde el centro de control, abriendo o cerrando válvulas según se le solicite. Además es la encargada de recopilar y enviar información en tiempo real a la unidad concentradora, dicha información será básicamente la siguiente: información sobre el caudal instantáneo, valor de los contadores hidráulicos de parcela y otros datos de interés como medidas de temperatura, humedad, niveles, etc. Para ello proporciona conectividad con elementos externos tales como válvulas hidráulicas, contadores “por pulsos”, sensores analógicos de presión, temperatura, humedad...

Para ofrecer versatilidad la unidad de campo se ha diseñado de forma abierta, pudiendo cambiarse la configuración de entradas/salidas mediante la inserción de tarjetas. La codificación de la nueva configuración implementada en caso necesario, es reconocida por la propia unidad y puede ser realizada in-situ, es decir, no será necesaria la sustitución de la unidad para ampliaciones dentro de sus límites de uso, sino que bastará con añadir las tarjetas analógicas o digitales necesarias y reconfigurar sus parámetros de funcionamiento de modo local. Pasemos pues a proporcionar unas tablas básicas a modo de resumen:

#### Entradas de la unidad de campo:

<p><b>Entradas digitales</b></p>	<p>Posibles configuraciones: 4, 7, 11 ó 14 entradas</p>	<p>Frecuencia máxima de transiciones de 4Hz Cada entrada proporciona tres registros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Estado lógico de la entrada: abierto o cerrado.</li> <li>· Acumulador: número total de transiciones ocurridas en la entrada. Permite aplicar un factor de división entre 1 y 1000 o un factor de multiplicación entre 1 y 999.</li> <li>· Caudalímetro: medida de la cadencia entre transiciones en la entrada. Dispone de varios rangos permitiendo medidas con resolución de hasta 1 segundo.</li> </ul>
----------------------------------	---	--

<b>Entradas analógicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· De 0 a 2 con resolución de 12bits</li> <li>o</li> <li>· De 0 a 4 con resolución de 8 bits</li> </ul>	Para sensores de 2 ó 3 hilos De 0 a 10V o de 4 a 20 mA, configurables
----------------------------	---	--

Salidas de la unidad de campo:

<b>Salidas digitales</b>	Posibles configuraciones: 2, 4, 6, 8, 10 ó 12 salidas	Para válvulas hidráulicas con accionamiento por solenoide tipo latch (disparo por pulso) de 2 ó 3 hilos y una tensión de actuación de 12V.
--------------------------	--	--

Capacidad de gestión:

<b>Número de contadores gestionables por unidad de campo = entradas digitales</b>	Hasta 14
<b>Número de válvulas gestionables por unidad de campo = salidas digitales</b>	Hasta 12
<b>Número de sensores analógicos = entradas analógicas</b>	Hasta 4

Conexión de la unidad de campo:

<b>Antena</b>	Conector TNC hembra
<b>Entradas y salidas</b>	Conectores internos atornillados. Salida de la caja por prensa-estopas.

Alimentación:

<b>Tipo</b>	Baterías de litio no recargables y sin mantenimiento o alimentación externa de 7 a 12V.
<b>Autonomía de la batería</b>	Hasta 3 años de funcionamiento ininterrumpido (programación diaria de riego)

Configuración:

<b>Parámetros configurables mediante comandos ASCII (interfaz RS-232, por comodidad en campo usamos un terminal PDA con cualquier aplicación de transferencia de datos tipo hyperterminal)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Número de unidad de campo (N)</li> <li>· Número de red (RED)</li> <li>· Frecuencia de comunicación radio (CH)</li> <li>· Otros parámetros según manual</li> </ul>
--	--

Otras características:

En caso de pérdida de comunicación de las unidades de campo con su unidad maestra durante un período de 15 minutos (configurable mediante el comando TOCOM), se realiza automáticamente el cierre de las válvulas que estén activas de forma escalonada dependiendo del número que tenga asignada cada unidad de campo.

### 3.1.2. UNIDADES CONCENTRADORAS:



Ilustración 6: Unidad Concentradora

Son las encargadas de coordinar la comunicación entre el centro de control y las unidades de campo. Por una parte, recopilan y almacenan la información que proporcionan las unidades de campo y la ponen a disposición del centro de control; y por otra, encaminan las peticiones de riego hacia la unidad de campo correspondiente. Son, por tanto, un elemento que realiza la función de intermediario en la comunicación. También son denominadas “maestras” debido a la misión que desempeñan. El intercambio de datos con las unidades de campo se realiza vía radio, y con el centro de control mediante una comunicación serie por cable, por módem telefónico o por radio módem. Cada unidad maestra gestiona un número variable de unidades de campo dentro de su zona de cobertura, pudiendo cubrirse zonas más distantes en el mismo sistema de riego utilizando varias unidades maestras.

- La unidad maestra recopila toda la información de las unidades de campo gestionadas por ella y hace llegar a cada unidad de campo las órdenes de accionamiento de válvulas, manteniendo en una memoria interna todos estos datos y actualizándolos periódicamente. El centro de control puede así acceder a esta información en cualquier momento mediante una comunicación con la unidad maestra.

#### Características principales de las unidades concentradoras:

##### Capacidad de gestión:

<b>Número de unidades de campo gestionadas por unidad maestra</b>	Hasta 132
<b>Número de contadores gestionables por unidad maestra</b>	Hasta 1848 (14*132=1848)
<b>Número de válvulas gestionables por unidad maestra</b>	Hasta 1584 (12*132=1584)

Conexionado:

<b>Antena</b>	Conector TNC hembra
<b>Interfaz serie</b>	Conector hembra RS-232 Conector de 3 pines para RS-485
<b>Conectores alimentación</b>	Conector de 3 pines para 220V AC Conector de 2 pines para alimentación DC externa

Alimentación:

<b>Tipo</b>	Fuente de alimentación interna de 4A estabilizada o fuente de alimentación externa a 12 V.
<b>Protección ante cortes de suministro eléctrico</b>	Conexión permanente a una batería de 12 V mediante el conector de alimentación DC externa que actúa como SAI.

Configuración:

<b>Parámetros configurables mediante comandos ASCII</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Número de red</li> <li>- Frecuencia de comunicación radio</li> <li>- Configuración puertos serie</li> <li>- Dirección Modbus</li> </ul>
---	--

Otras características:

En caso de pérdida de comunicación con el centro de control durante un período de 15 minutos, la unidad maestra envía a las unidades de campo la orden de cierre de las válvulas que estén activas de forma escalonada.

### 3.1.3. OTROS ELEMENTOS OPCIONALES:

Son complementos adicionales al sistema de comunicación, estos elementos nos informan de datos adicionales (como pudieran ser analizadores de red, que nos indicarán, por ejemplo, consumos, reactiva, tensión, kw/h, etc.) y realizan el control de procesos (como los autómatas programables, los cuales son los encargados de controlar bombas, filtrados, etc.). Estos elementos a incorporar al sistema deben soportar el protocolo de comunicaciones Modbus RTU.

### 3.1.4. CENTRO DE CONTROL:

El centro de control consiste en un PC que proporciona una interfaz gráfica al usuario desde la cual éste puede, tanto programar el riego de parcelas de forma automática, como monitorizar el proceso del riego en tiempo real (niveles, caudales, contadores...). También presenta otra información de interés como el estado de la comunicación o el nivel de la batería de las unidades de campo, y lleva a cabo la gestión de la facturación del agua a los propietarios. Todos estos datos son almacenados en bases de datos, donde también se pueden consultar históricos de riegos y consumo de agua. Opcionalmente puede integrarse también en el software el control del suministro del agua al sistema: balsas, pozos, bombas de agua, abonado...

En caso de pérdida de suministro eléctrico, averías, etc., que produjeran un paro del sistema no se produciría una pérdida de información. Al volver a activar el sistema se continuaría con la programación del riego que tuviera, realizándose una recuperación de los datos, sincronización de unidades y análisis del estado actual.

El sistema está diseñado para evitar en lo posible cambios bruscos de presión en las tuberías que pudieran provocar la rotura de éstas, realizando la maniobra de las válvulas de forma escalonada y programable incluso en situaciones de avería.

El centro de control dispone de un sistema de alarmas que permite detectar averías y situaciones anómalas, y que a su vez queda correctamente almacenado para consultarlo en cualquier momento.

#### Hardware y Sistema Operativo:

<b>Ordenador PC compatible</b>	Procesador Intel Pentium III o superior, o procesador equivalente, con un mínimo de 256 MB de memoria RAM.
<b>Sistema Operativo</b>	Windows XP ó superior.
<b>Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI)</b>	Opcional, pero muy aconsejable. En nuestro caso se instala un SAI de la marca SALICRU SPS 600 SOHO.

#### Características del Software:

<b>Mapa Interactivo</b>	Incluye un mapa detallado del sistema donde se puede visualizar las parcelas que están en riego, así como acceder a la información de históricos y otros datos de interés.
<b>Programación del</b>	- Posibilidad de programación individual de cada

<b>Riego</b>	válvula. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las válvulas pueden ser agrupadas por sectores.</li> <li>- Gestión de desfases en la apertura y cierre de válvulas para evitar variaciones bruscas de presión en las tuberías.</li> </ul>
<b>Monitorización del estado del riego</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visualización del estado de las válvulas, caudales y contadores en tiempo real.</li> <li>- Situación geográfica, propietario y parcela a la que pertenece cada contador.</li> </ul>
<b>Facilidad de manejo</b>	El software puede ser utilizado por personal con conocimientos muy básicos de informática.
<b>Base de datos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almacenamiento de datos de las parcelas y propietarios, siendo posible su consulta de manera sencilla</li> <li>- Históricos de riego: permite conocer fecha, consumos, abonado e incidencias de todos los riegos realizados.</li> </ul>
<b>Sistema de alarmas o avisos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caudal de riego erróneo.</li> <li>- Fallo de apertura y cierre de válvulas</li> <li>- Baterías bajas en unidades de campo.</li> <li>- Fallos en la comunicación</li> </ul> <p>Estas alarmas quedan almacenadas de forma que aunque el operario no esté presente puedan ser analizadas con posterioridad.</p>

Capacidad de Gestión:

<b>Número de unidades maestras gestionables por centro de control</b>	255 por puerto serie del PC.
<b>Número de contadores gestionables por centro de control</b>	471.240 por puerto serie del PC.
<b>Número de válvulas gestionables por centro de control</b>	403.920 por puerto serie del PC.

Tiempos de respuesta:

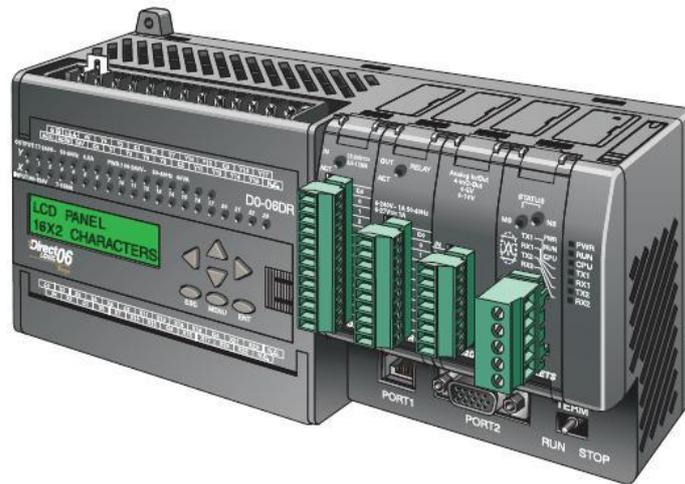
<b>Tiempo máximo de respuesta del sistema ante una activación de una electroválvulas desde el centro de control</b>	2 minutos.
<b>Tiempo máximo de actualización de caudales en el centro de control</b>	10 minutos.
<b>Tiempo máximo de actualización de contadores de consumo en el centro de control</b>	10 minutos.

NOTA: todos estos tiempos son completamente independientes del número de unidades que se encuentren instaladas en el sistema.

Otras características:

<b>Integración con otros sistemas</b>	Interfaz con otros dispositivos (PLC, módulos de E/S, sensores, etc.) mediante protocolo estándar de comunicaciones MODBUS.
---------------------------------------	---

**AUTÓMATA**



**Ilustración 7: Autómata Koyo DL06**

**Características generales: KOYO DIRECT LOGIC DL06**

<b>Alimentación</b>	12 VDC
<b>Entradas digitales</b>	16
<b>Salidas digitales</b>	16
<b>Entradas analógicas</b>	8
<b>Salidas analógicas</b>	2
<b>Capacidad de memoria</b>	64KB (6000 instrucciones de programa)

## ANALIZADOR DE RED



**Ilustración 8: Analizador de Red PM700**

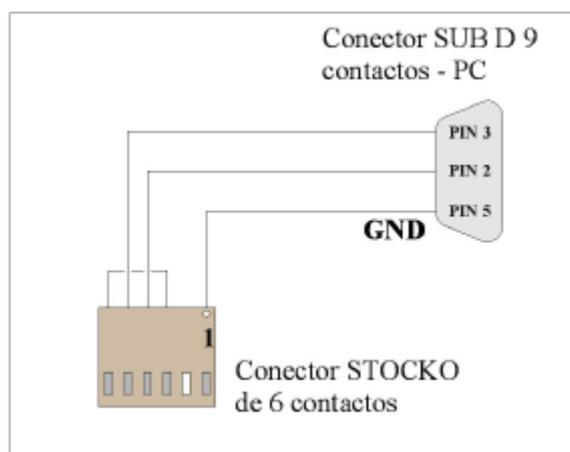
<b>Modelo</b>	Merlin Gerin serie PM700
<b>Características</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Medida de parámetros eléctricos básicos: intensidades, tensiones, frecuencias, potencia activa, reactiva y aparente y factor de potencia.</li><li>- Valores máximos y mínimos</li><li>- THD</li></ul>

### 3.2. LÓGICA DE ACTUACIÓN Y MANEJO DE LOS ELEMENTOS DE CAMPO

Para la instalación de los elementos de campo (unidades remotas) es aconsejable tener programada y funcionando la unidad concentradora, para que a la vez que se vaya instalando dichos elementos, se pueda comprobar el correcto funcionamiento de las comunicaciones (mediante el nivel de señal recibido por la unidad o parámetro RSSIR, que veremos más adelante). Con este fin las unidades remotas disponen de una serie de indicadores luminosos que más adelante describiremos.

Para la configuración de la unidad es necesaria la comunicación serie con un PC (o PDA), y esto se lleva a cabo mediante el cable suministrado (RS232 en el extremo del PC y conector STOCKO en el de la placa base). Para la conexión del cable no es necesario resetear la unidad. Durante el proceso de configuración la unidad debe estar correctamente alimentada.

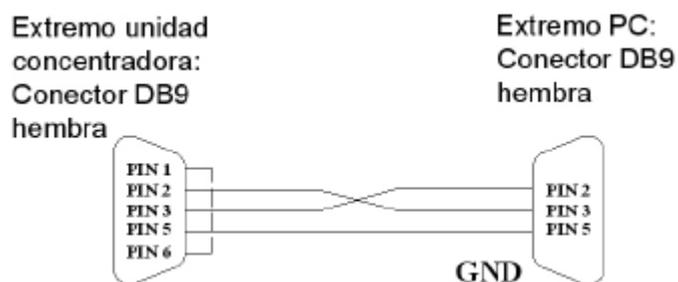
El esquema del cable de comunicación serie de la unidad remota es el siguiente:



**Ilustración 9: Cable Comunicación Serie**

Tanto para la configuración de la unidad concentradora como para la de los radiomódems, es necesaria la comunicación serie con un PC (o PDA) similar a la anterior, y esto se lleva a cabo mediante el cable que citamos a continuación. Al conectar el cable, los equipos entrarán automáticamente en modo de configuración y estarán preparados para responder a los comandos que se le envíen.

Se recomienda el siguiente esquema para el cable de configuración:



**Ilustración 10: Cable de Configuración**

Todos los elementos de campo responden a una serie de comandos específicos enumerados en los manuales correspondientes, utilizando todos un programa de comunicación por puerto serie, como por ejemplo el Hyperterminal de Windows. La comunicación debe estar configurada a la velocidad de 2400 bps, 8 bits de datos y 1 bit de stop, sin paridad y sin control de flujo.

### **3.2.1. ESTABLECIMIENTO Y DEFINICION DE COMUNICACIONES ENTRE ELEMENTOS.**

#### **Comunicación entre la unidad concentradora y unidades de campo.**

Esta comunicación es bidireccional, es decir, el concentrador envía la información del estado de las salidas de las unidades remotas y realiza peticiones del estado de las unidades remotas.

Tiempos de comunicación:

- De concentrador a unidad remota: 66 segundos.
- De unidad remota a concentrador: 330 segundos (configurable mediante el parámetro tx1 y tx2 del concentrador).

Características técnicas:

<b>Tipo de comunicación</b>	Radioenlace en la banda D1 (418-420MHz UHF), con licencia. Modulación GFSK. Canalización 12,5kHz
<b>Número de canales</b>	Hasta 160 (el canal asociado a cada unidad de campo es configurable)
<b>Seguridad de transmisión de datos</b>	Comunicación digital codificada, imposibilitando maniobras por sistemas externos.
<b>Alcance de la comunicación</b>	Hasta 6 km en condiciones de espacio libre, con lo que se consigue una cobertura de hasta 11.300 Ha

#### **Comunicación entre unidad concentradora, autómatas y centro de control.**

Se utilizará un sistema de comunicación vía radio, creando una red primaria de comunicaciones. Esta red se genera instalando una serie de radio módems situados en los puntos más elevados y en el centro de control.

Este sistema utiliza un protocolo de comunicación estándar y abierto, por lo que en cualquier momento podremos añadir elementos nuevos a la red.

Características técnicas:

<b>Tipo de comunicación</b>	Radioenlace (440-442MHz UHF), con licencia. Modulación GFSK. Canalización 25kHz
<b>Número de canales</b>	Hasta 80 (el canal asociado a cada equipo también es configurable).
<b>Seguridad de transmisión de datos</b>	Comunicación digital codificada, imposibilitando maniobras por sistemas externos, al igual que en los anteriores.
<b>Alcance de la comunicación</b>	Hasta 15 – 20 km en condiciones de espacio libre.
<b>Tipo de comunicación</b>	Serie RS-232 ó RS-485
<b>Protocolo de comunicación</b>	Modbus RTU en funcionamiento normal.
<b>Velocidad de comunicación</b>	Configurable a 2400 o 4800 bps (en modo Modbus RTU).

### **3.3. DIMENSIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS**

#### **3.3.1. ALIMENTACIÓN DE LAS UNIDADES DE CAMPO:**

Los equipos a instalar están diseñados para trabajar en bajo consumo, por lo cual, la alimentación de los mismos se realiza a través de una pila de litio de 7,2 voltios, minimizando los trabajos a realizar in situ en los hidrantes.

Las principales ventajas de este sistema de alimentación son las siguientes:

- Tamaño reducido. Esto es importante sobre todo a la hora de la instalación de la Unidad Remota, pues el reducido espacio que ocupan dentro de la misma hace de ésta obligatoriamente un elemento de pequeñas dimensiones. Facilidad a la hora de su sustitución, fácil de acopiar, reducido coste.
- Duración mínima 2 años. Un sistema alimentado por placas fotovoltaicas debe estar dotado de acumuladores y reguladores. Esto conlleva a que cuanto más complejo sea el sistema de riego a automatizar y controlar más problemas se pueden encontrar. (Hurto de placas fotovoltaicas, fallos en los reguladores, agotamiento de los acumuladores, ... etc.). Para explicar el porqué de las mencionadas duraciones de batería confeccionamos una tabla al final de este apartado con los consumos de todas las acciones que realiza la unidad remota y los comparamos con dos tipos de tecnologías de batería.
- Las pilas de litio no se descargan si se encuentran almacenadas. En el interior de la pila se encuentra un electrodo principal en el cual se crea una película que impide la descarga de la misma, esta película desaparece al generar una demanda de corriente, con la consiguiente reactivación de la pila.

## Consumos para Unidad remota con ciclos de 30 minutos

Funciones de funcionamiento	Corriente (mA)	Duración (seg)	Ciclos	
Remota con modem RF en IDLE	0,04	Continuo 1 día		
Apertura/cierre de solenoide	11	50	24	
Transmisión Datos	500	0,3		
Recepción Datos	35	0,12		
Retardo de transmisión		396	6	tiempo en Minutos
Recepción cada		66		
Tarjeta analógica	0	0	0	

CONSUMO REMOTAS	CANTIDAD DIARIA	CORRIENTE(mA)	Tiempo unitario día	Carga unitaria día	20%	Carga total diaria + 20%
Remota con modem RF en IDLE	1	0,04	86400	0,96	0,192	1,152
Solenoide (A/C) por día	24	11	50	0,152777778	0,0305556	4,4
Transmisión Datos	218,181818	500	0,3	0,041666667	0,00833333	10,90909091
Recepción Datos	1309,09091	40	0,12	0,0013333333	0,0002667	2,094545455
Tarjeta analógica	218,181818	0	0	0	0	0
					<b>suma total</b>	<b>18,55563636</b>

DIMENSIONAMIENTO DE PILA		
TIPO DE BATERIA	Ion Litio	Pb
CAPACIDAD BATERIA (mA/H)	14000	14000
Autodescarga (% diario)	0,03	0,6
Días de uso	710,431937	336,78672
Años	1	0
Días	345	336

Por tanto, eligiendo la batería de tecnología Ion Litio (que es la que utilizamos), obtenemos un rendimiento de 1 año y 345 días, y puesto que para realizar esta tabla hemos considerado una actividad bastante alta de la unidad remota en cuanto a aperturas y cierres de solenoides, la cual en el caso real de la Comunidad de Regantes que nos ocupa es mucho menor, podemos GARANTIZAR (salvo defecto de fabricación en algún componente electrónico) que nuestra batería durará más de 2 años.

### **3.3.2. ALIMENTACIÓN DE UNIDADES CONCENTRADORAS Y RADIOMODEMS:**

Los equipos a instar están diseñados para trabajar tanto con tensiones de 220 voltios AC como 12 voltios DC, por lo cual, en las zonas a controlar en la que no exista red eléctrica, se instalan placas fotovoltaicas, acumuladores y reguladores para la alimentación de los equipos.

## 4. Estudio de Coberturas Previo

### 4.1. INTRODUCCION AL METODO.

En términos generales y como ya hemos mencionado, estas instalaciones se encontrarían automatizadas y controladas mediante un sistema centralizado que se ubicaría en el Centro de Control provisional del cabezal 3, que a su vez gestionaría:

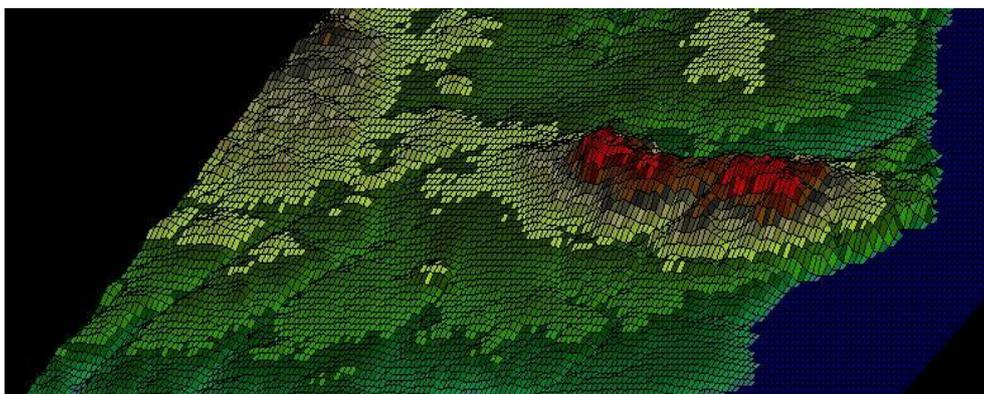
- La toma de agua de los 5 pozos en caso necesario.
- Cada una de las 4 unidades concentradoras.
- Los hidrantes asociados a cada una de estas unidades concentradoras.

Como ya sabemos, las instalaciones de regadío a automatizar en el presente proyecto suman un total de 2 cabezales, 5 pozos y 435 puntos (hidrantes o remotas). Como vimos anteriormente, cada concentrador tiene una capacidad de gestión total de 132 unidades remotas, por tanto para controlar los 435 puntos necesitaríamos 4 concentradores. Nos conviene colocar 2 concentradores en cada cabezal por temas de alcance de cobertura y número de remotas a gestionar por cada cabezal: viendo la ubicación geográfica de estos 435 puntos, podemos dividirlos en dos grandes zonas de cobertura, la de alcance desde el cabezal 3 y la de alcance desde el cabezal 4. Hidráulicamente los 435 puntos también se dividen en dos zonas, una correspondiente a cada cabezal, pero es importante destacar que el hidrante que hidráulicamente se abastece desde el cabezal 3 no tiene porque obtener la señales de telecontrol vía radio desde dicho cabezal y viceversa.

Las comunicaciones entre los equipos se realizan empleando un protocolo ModBus del tipo maestro/esclavo, en el cual el maestro realiza peticiones de información a un esclavo y éste (y sólo éste) le contesta. En una red de este tipo sólo puede haber un maestro (PC del Centro de Control), siendo los demás esclavos.

Veamos cómo realizar el apuntamiento de las antenas ubicadas en cada hidrante. Para el correcto análisis de la situación en cuanto a potencias transmitidas y recibidas se refiere, y por tanto radios de alcance de señal, nuestra empresa adquirió un software específico para la producción y manipulación de archivos de cartografía procedentes de diversos tipos de fuentes (como por ejemplo fotografías aéreas, mapas en formato digital, imágenes vía satélite, etc.). Dicho software pertenece a la empresa parisina ATDI (cuya ubicación en España se encuentra en Madrid) y es el denominado ICS MAP SERVER. Además adquirimos también el software denominado Hertz Mapper, el cual a partir de los archivos generados por el programa ICS Map Server, será capaz de representar gráficamente el radioenlace que deseemos entre dos puntos contenidos en dicho archivo. En un primer lugar, adquirimos los mapas topográficos con sus correspondientes curvas de nivel al Instituto Cartográfico Español, para generar mediante dichas curvas lo que se conoce como MDT ó Modelo Digital de Terreno, creado mediante la interpolación de las curvas citadas y el cual nos proporcionará mediciones precisas del terreno.

El MDT constituye una representación cromática de las distintas elevaciones del terreno, tal que así:



**Ilustración 11: Modelo Digital de Terreno**

Es fácil apreciar que las tonalidades verdes corresponden a terrenos menos elevados, las azules al mar y las marrones o rojas a terrenos más elevados.

Una primera estimación teórica consistirá en colocar ambos puntos de interés (concentrador y remota) y asignarles a cada uno su diagrama teórico de potencia. Con estos datos el programa nos proporcionará el apuntamiento de la antena de la unidad remota y también nos dará el cálculo de potencia recibida. Como vemos este método sería muy costoso porque supondría la colocación en coordenadas de cada una de las 435 remotas y el cálculo por parte del programa mencionado de los resultados pedidos, lo cual también es costoso temporalmente. Si a ello se le añade que no es necesaria tanta exactitud ni en cuanto a potencia ni en cuanto a apuntamiento, concluimos que a excepción de casos puntuales muy complicados, el método a utilizar será el segundo que pasamos seguidamente a comentar. Cabe destacar que utilizaremos este método para asegurarnos al menos el cálculo de potencias recibidas por los enlaces entre los radiomódems de ambos cabezales y también para el cálculo de las potencias manejadas entre cada concentrador y su remota más lejana.

## 4.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y TELECONTROL EN LO QUE SE REFIERE A ENLACES RADIOELECTRICOS

En nuestro sistema nos encontraremos con dos tipos de enlaces radio:

- Comunicación entre Cabezal 3 y 4:

- BANDA DE FRECUENCIAS 440 – 442 MHz
- ANTENAS DIRECTIVAS DE 5 ELEMENTOS

- Comunicación entre Cabezales y sus respectivas unidades Remotas:

- BANDA DE FRECUENCIAS 418 – 420 MHz
- ANTENAS OMNIDIRECCIONALES EN CADA CONCENTRADOR
- ANTENAS DIRECTIVAS FORMADAS POR UN DIPOLO CORRECTAMENTE APUNTADO EN CADA UNO DE LOS HIDRANTES

Pasemos pues a analizar cada uno de los casos anteriores.

### 4.2.1. ESTUDIO DE ALCANCE PARA LA COMUNICACIÓN ENTRE LOS CABEZALES 3 Y 4

Comunicación entre Cabezal 3 y 4: llevada a cabo mediante un enlace entre dos *radiomódems* y que como ya mencionamos, permite establecer un enlace de datos punto a punto entre el Cabezal 4 y el centro de control provisional (cabezal 3), posibilitando la comunicación bidireccional directa vía radio entre el software de gestión y los autómatas de ambos cabezales. Esta comunicación se efectúa a frecuencias en propiedad en la banda de 440 – 442 MHz (con lo que se evitan posibles interferencias) y tiene un alcance de hasta 20 km. en terreno llano. Recordemos también que la comunicación entre el radiomódem y el autómata (o el PC) se realiza mediante un interfaz serie utilizando protocolos de comunicación estándar.

Con todo ello nos encontramos la siguiente situación:

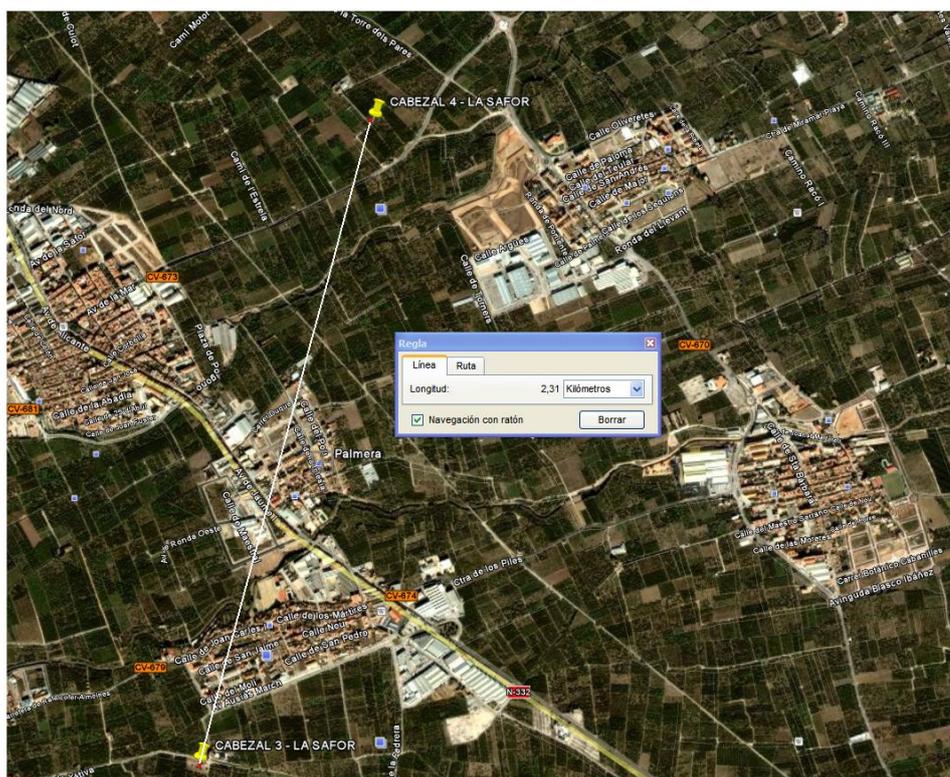


**Ilustración 12: Elementos de telecontrol de los cabezales 3 y 4**

*\* (Las especificaciones técnicas de cada elemento se pueden consultar en el anexo I)*

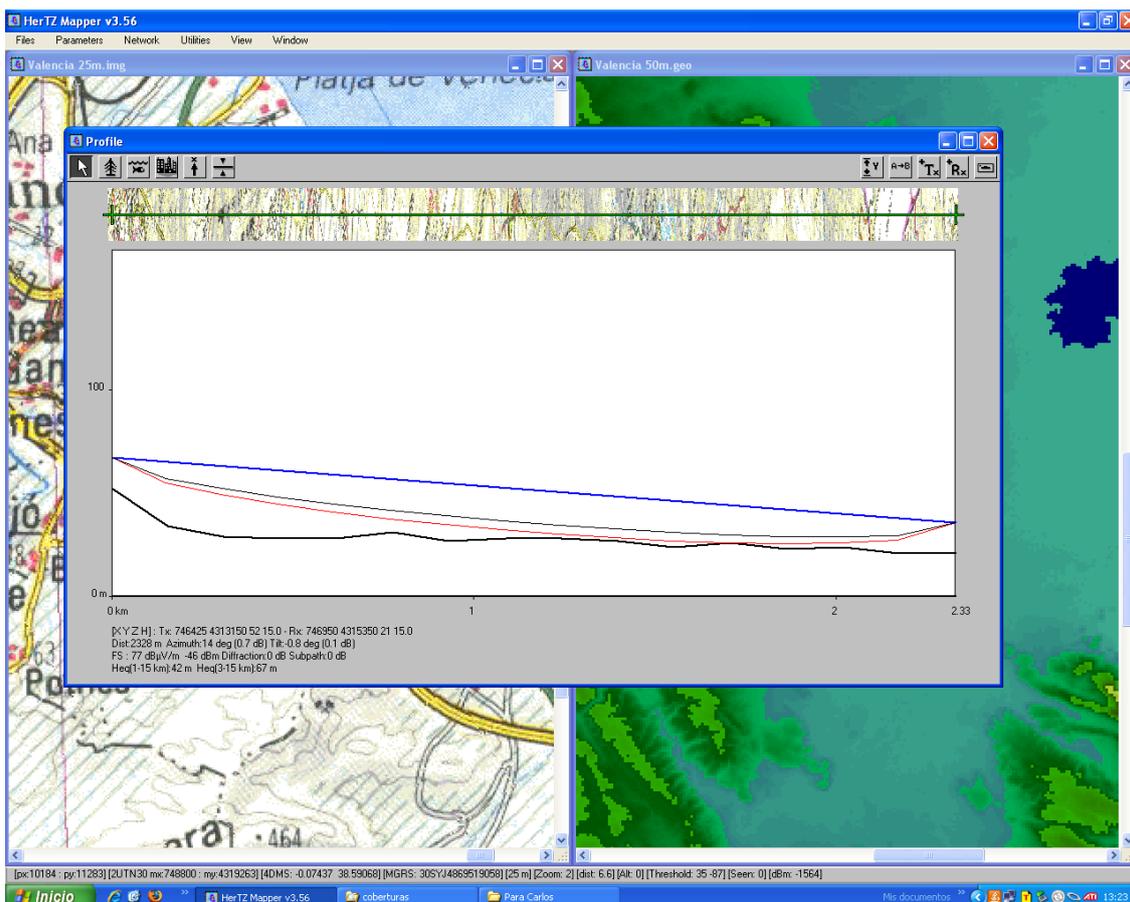
Con esta infraestructura de automatización y telecontrol se consigue poner la información que proporcionan los autómatas a disposición del centro de control en tiempo real.

Si observamos una vista aérea real de la situación tenemos una distancia aproximada en línea recta de unos 2,3 km y a las alturas que colocaremos las antenas de ambos radiomódems disfrutaremos de visión directa sin obstáculos. Con todo ello parece que la propagación radioeléctrica de nuestro enlace será de una alta calidad como ahora veremos.



**Ilustración 13: Distancia entre Cab. 3 y 4**

Como podemos observar en la fotografía anterior, el enlace radio deberá atravesar el núcleo urbano de la población de Palmera, pero como veremos mediante los perfiles geográficos obtenidos a través del programa HERTZ MAPPER (y mediante la cartografía que nos proporciona el programa ICS MapServer) esto no supondrá ningún problema debido a la altura a la que se encuentra el cabezal 3. Todo esto nos quedará mucho más claro al analizar el siguiente perfil.



**Ilustración 14: Perfil de visión radioeléctrica entre el Cab. 3 y el 4**

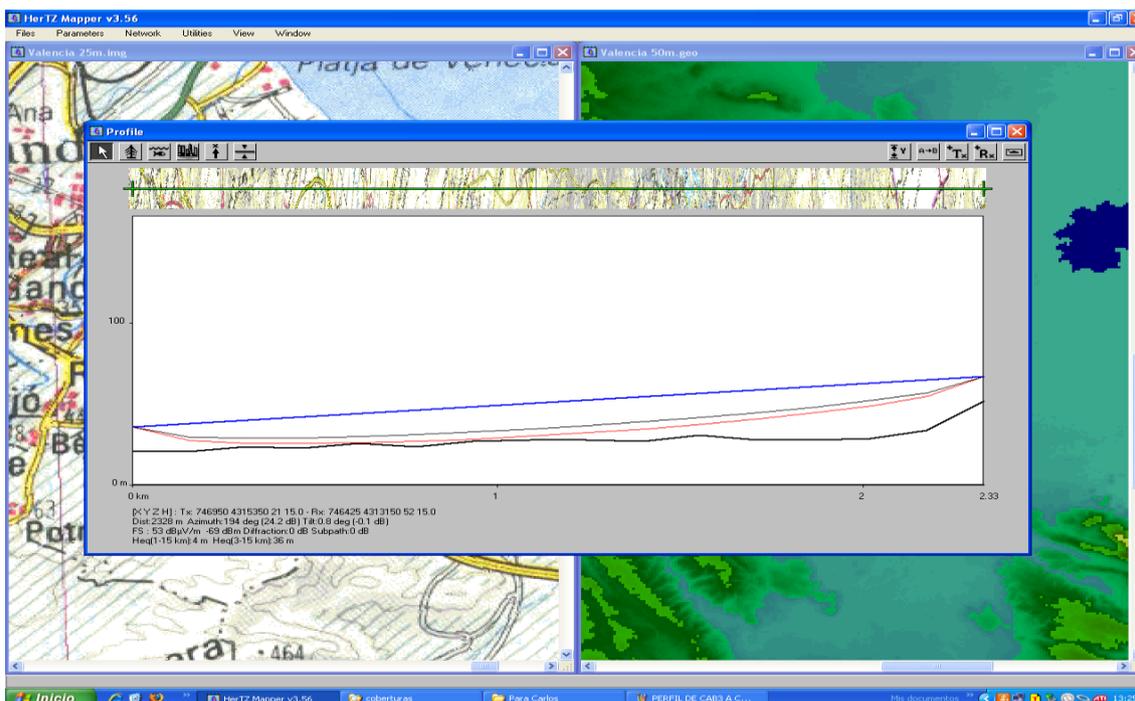
En la figura el haz de color azul representa visión directa y los otros dos haces representan las zonas de Fresnel; en este caso hemos dado a las antenas de ambos radiomodems una altura de unos 15m sobre el suelo pero en la realidad no nos será necesario sobrepasar los 10 metros sobre el suelo del cabezal puesto que tenemos unas condiciones geográficas idóneas como para ir “muy sobrados” en potencias transmitidas y recibidas.

Por tanto, fijaremos las antenas en ambos cabezales mediante mástiles anclados en la pared lateral y próximos al tejado del edificio como apreciamos en la siguiente fotografía:



**Ilustración 15: Antena radioenlace**

Si representamos el perfil contrario, es decir, desde el cabezal 4 al cabezal 3, obtenemos evidentemente lo siguiente (se ha representado para obtener los parametros teóricos de apuntamiento, los cuales vienen dados en ambas imágenes por “Azimuth” y “Tilt” siendo estos, apuntamiento respecto al norte en sentido de las agujas del reloj, y elevación respectivamente).



**Ilustración 16: Perfil de visión radioeléctrica entre el Cab. 4 y el 3**

Viendo ambos perfiles tenemos:

- En Cabezal 3: AZIMUTH= 14° y TILT= -0,8°
- En Cabezal 4: AZIMUTH= 194° y TILT= 0,8°

Dichos resultados, como acabamos de ver, no son más que el apuntamiento en horizontal (AZIMUTH) y en vertical (TILT ó elevación) de la antena directiva, y nos parecen a simple vista sencillos de interpretar y de aplicar en la práctica para la correcta orientación de ambas antenas.

Para obtener las potencias recibidas en cada radioenlace se ha configurado (en la aplicación de cálculos del SW Hertz Mapper) a los transmisores de ambos radiomódems con los parámetros mostrados en las siguientes figuras:

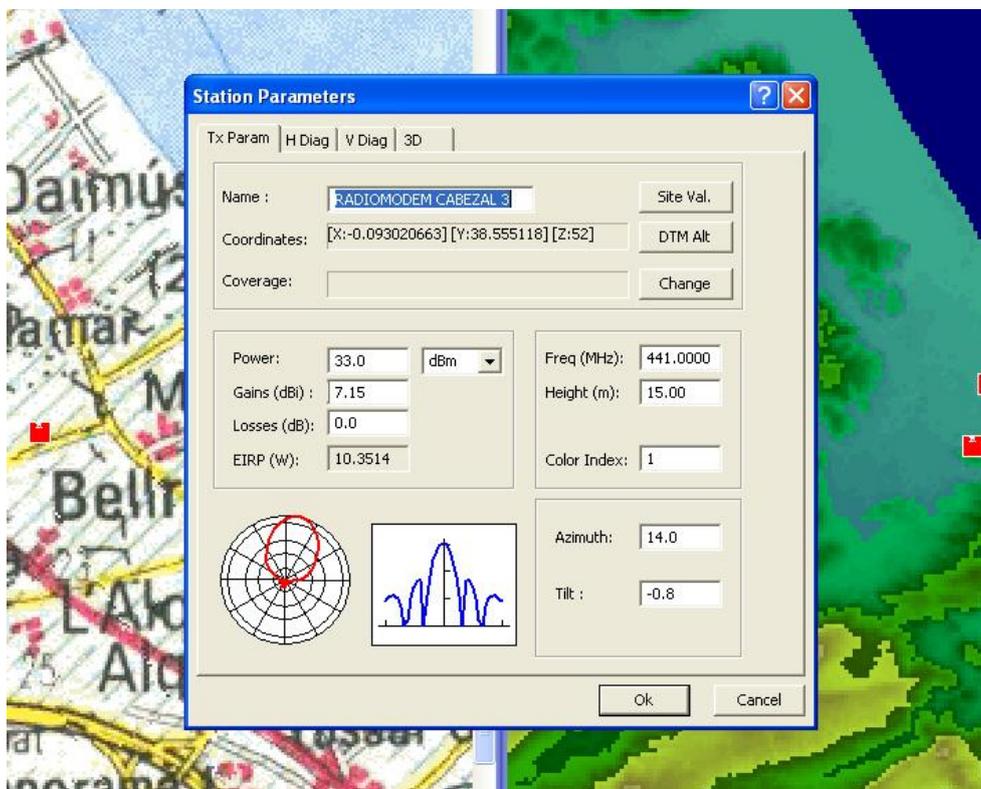
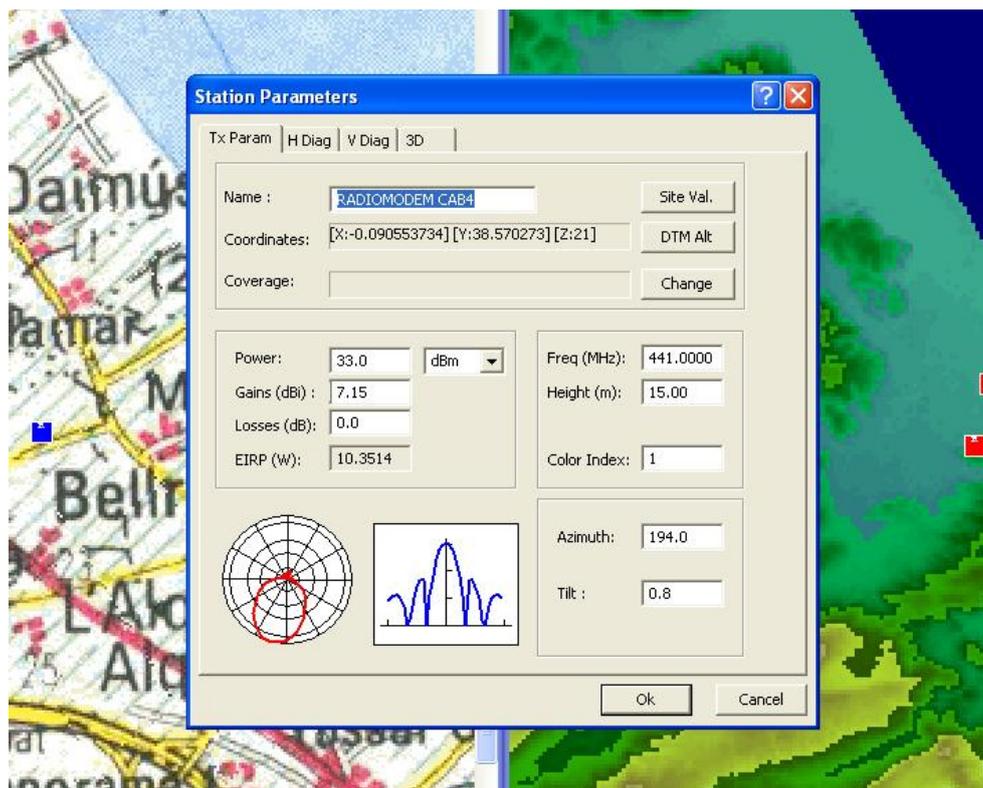


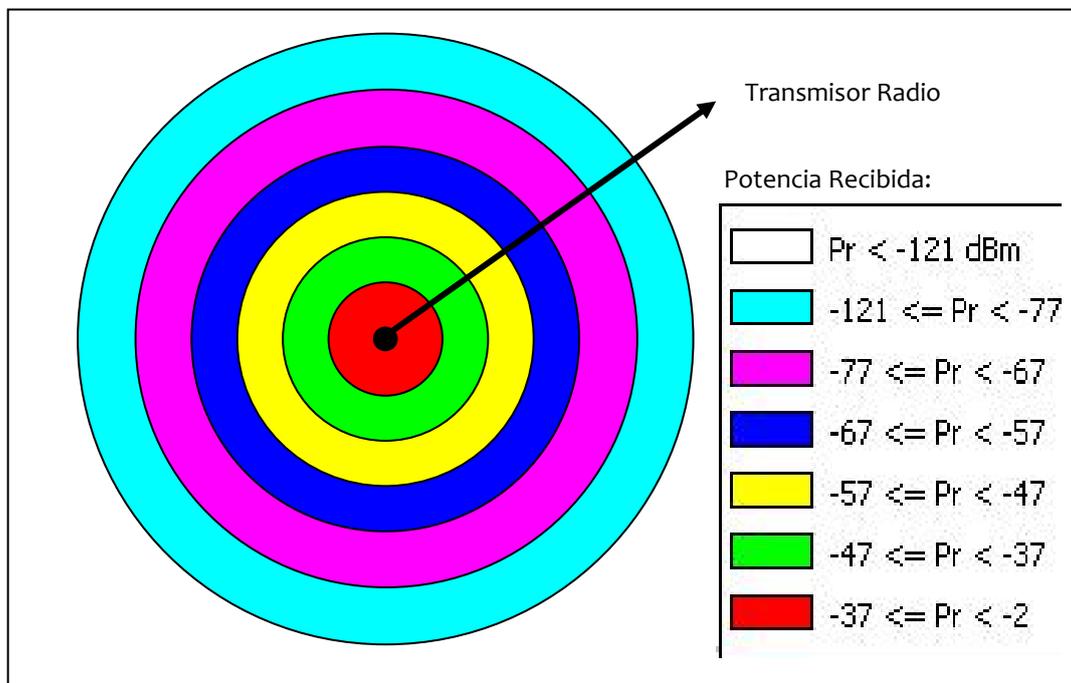
Ilustración 17: Parámetros configuración Tx Radiomódem Cabezal 3



**Ilustración 18: Parámetros configuración Tx Radiomódem Cabezal 4**

En ambos casos se aplican a los equipos una potencia de transmisión de 33 dBm o lo que es lo mismo, 2W que será la potencia declarada por nuestros radiomódems (para garantizar una cobertura de serie aproximada en visión directa y en espacio libre de unos 20 km). También dotaremos a las antenas de una ganancia de 7,15 dBi y aplicaremos los datos de Azimuth y Tilt anteriormente obtenidos. Les daremos una frecuencia de trabajo correspondiente a la central de la banda de 440 – 442 MHz (puesto que más adelante obtendremos la frecuencia concreta y esto no produce una variación significativa en los cálculos), con una altura de unos 15 metros sobre el suelo del cabezal. Asignamos el diagrama 3D de transmisión más parecido al de nuestras antenas directivas de entre los que nos proporciona el programa y procedemos al fin a la simulación de potencias transmitidas por ambas estaciones.

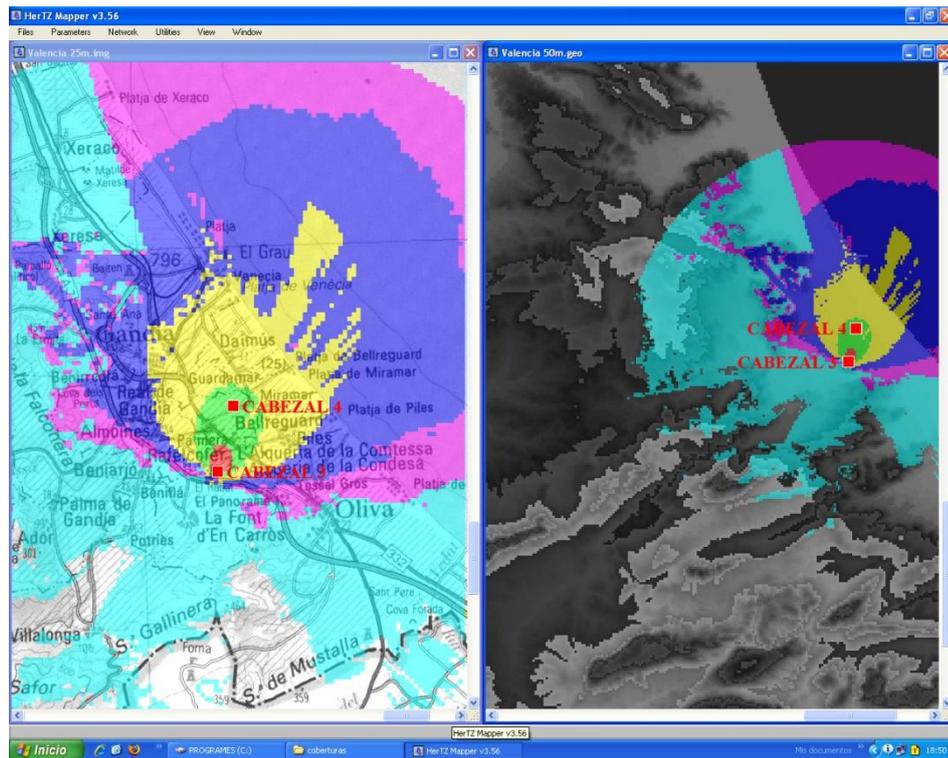
Transcurrido un tiempo de simulación considerable por parte de nuestro Software (con un Pentium IV con 2 Gigas de Ram tardamos casi media hora, valorando con ello la cantidad de cálculos matemáticos que se requieren) obtendremos dos diagramas policromáticos de potencias transmitidas, los cuales seguirán el siguiente código de colores (siendo Pr= Potencia Recibida):



**Ilustración 19: Potencias recibidas**

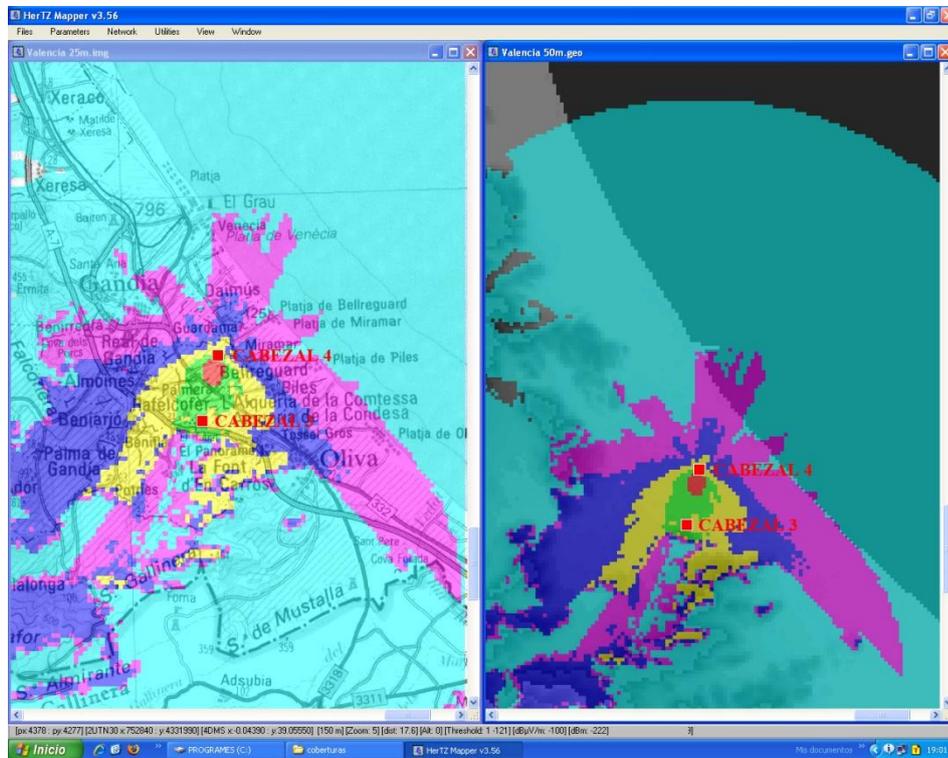
Los puntos que se encuentren en las zonas roja, verde, amarilla o azul marino gozarán de buena cobertura, mientras que la gestión de los puntos que se encuentren en las zonas de color violeta, azul claro o sin colorear (sin cobertura) se debería realizar, en la medida de lo posible, a través de estaciones intermedias o repetidoras, aunque en este caso, como veremos, no hará falta usar ninguna de estas estaciones ya que gozaremos de muy buena cobertura.

Y el diagrama resultante para la cobertura del radiomódem del cabezal 3 será:



**Ilustración 20: Cobertura Radiomódem Cab. 3**

Y para el cabezal 4 tendremos:



**Ilustración 21: Cobertura Radiomódem Cab. 4**

Analizando un poco los resultados vemos que en ambas figuras los cabezales que actúan de receptor en cada caso se encuentran en la zona VERDE de potencia, es decir, con potencias recibidas entre los -37 y los -47 dBm, o lo que es lo mismo, entre los 0,2  $\mu$ W y los 0,02  $\mu$ W.

Con todo ello nuestro enlace se comporta de manera excelente. Destaca también si miramos la figura del cabezal 4 como transmisor la caída de potencias producida justo detrás del cabezal 3, lo cual es debido a que este se encuentra en la falda de una pequeña elevación montañosa, pero que para nuestro análisis obviamente no supone ningún problema.

Hemos realizado las simulaciones con la frecuencia de 441 MHz puesto que el movernos en la banda de estudio de los 440 a los 442 MHz no supondría variación notable en los resultados, por tanto para elegir la frecuencia adecuada lo único que haremos será conectar un analizador de espectro a una de las antenas de los cabezales para monitorizar dicha banda de frecuencias. Al realizar esta operación nos encontramos con un espectro formado únicamente por ruido radioeléctrico y sin ninguna transmisión monitorizada en ninguna de las frecuencias bajo estudio. Con este resultado nos será suficiente elegir una frecuencia aleatoria en el interior de la banda deseada y posteriormente pedir la licencia correspondiente al Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación de Valencia. Todo este proceso lo veremos con detalle más adelante. Así pues la frecuencia elegida resultó ser la correspondiente al **canal 57** en una canalización de 25 kHz, equivalente por tanto a la frecuencia de **441,425 MHz**.

Por último cabe mencionar que al tener una calidad de señal excelente los montadores optaron por la polarización de ambas antenas directivas en modo HORIZONTAL como apreciamos en las fotos anteriores y aún siendo mucho más fina en términos de apuntamiento la polarización vertical no hemos encontrado en la realidad disminución alguna de potencias manejadas.

Debemos destacar que en caso de existir algún fallo de comunicación prolongado entre el centro de control y el equipo de telecontrol de cualquiera de las instalaciones, el sistema se puede programar para que o bien se realice el paro de todas las bombas que estén activas y se espere a recuperar la comunicación, o bien se realice un control local desde el autómata (es precisamente por esta ventaja por la que se ha optado por instalar autómatas en lugar de módulos de entradas/salidas, que no permiten este modo de funcionamiento alternativo).

## 4.2.2. ESTUDIO DE ALCANCE PARA LA COMUNICACIÓN ENTRE LOS CABEZALES Y SUS UNIDADES REMOTAS

Al igual que hemos realizado en el apartado anterior y utilizando el mismo Software profesional de cálculo de potencias radioeléctricas, procederemos a obtener resultados y un análisis de situación adecuado.

Como hemos mencionado en repetidas ocasiones, en el Cabezal 3 tendremos ubicados los concentradores 3 y 4; y por otro lado en el cabezal 4 tendremos ubicados los concentradores 1 y 2 (destacar que es tan solo una nomenclatura que no va más allá para nuestro estudio, por tanto se podían haber tomado al revés).



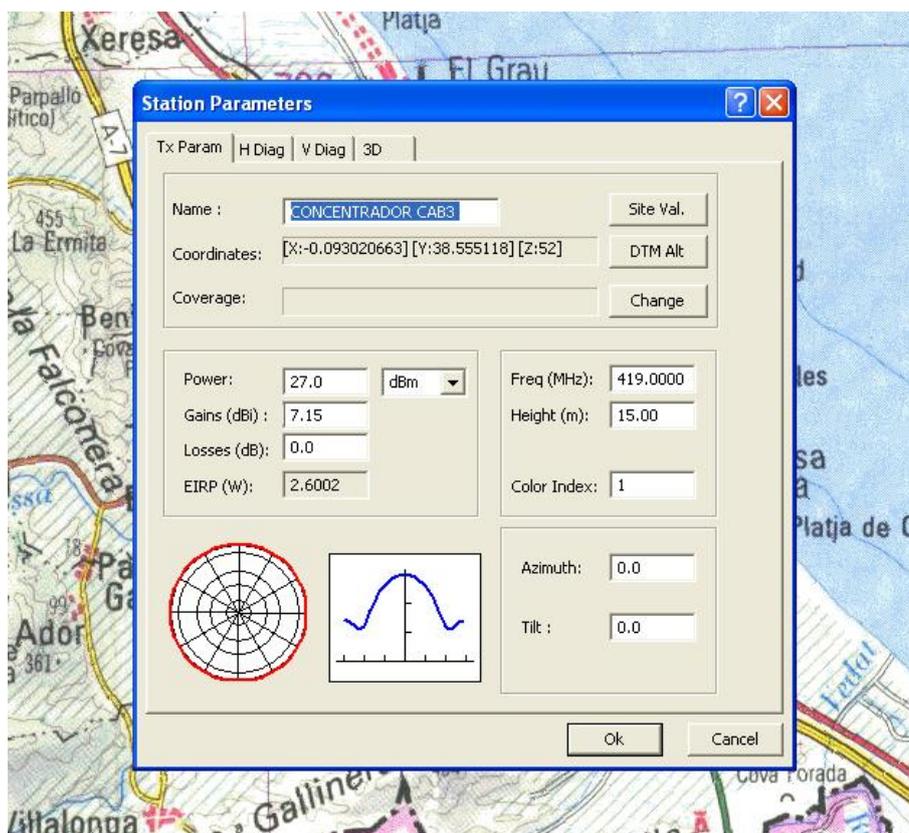
Ilustración 22: Vista de las antenas en Cabezal 3

Sabiendo que las antenas Omnidireccionales de cada concentrador se situarán cada una en una esquina lateral del cabezal correspondiente, y dado que esto supone una separación entre ellas de unos 20 metros, lo cual a efectos de cálculo de potencias en un radio de 6 km es bastante despreciable (radio de alcance teórico de un concentrador con una potencia nominal de 0,5 W) supondremos la respuesta del concentrador 1 idéntica a

la del concentrador 2, y por tanto la respuesta del concentrador 3 idéntica también a la del 4.

Aclarado esto solo tendremos dos casos para estudiar: el correspondiente a la cobertura de los concentradores del Cabezal 3 y el correspondiente a la de los concentradores del Cabezal 4.

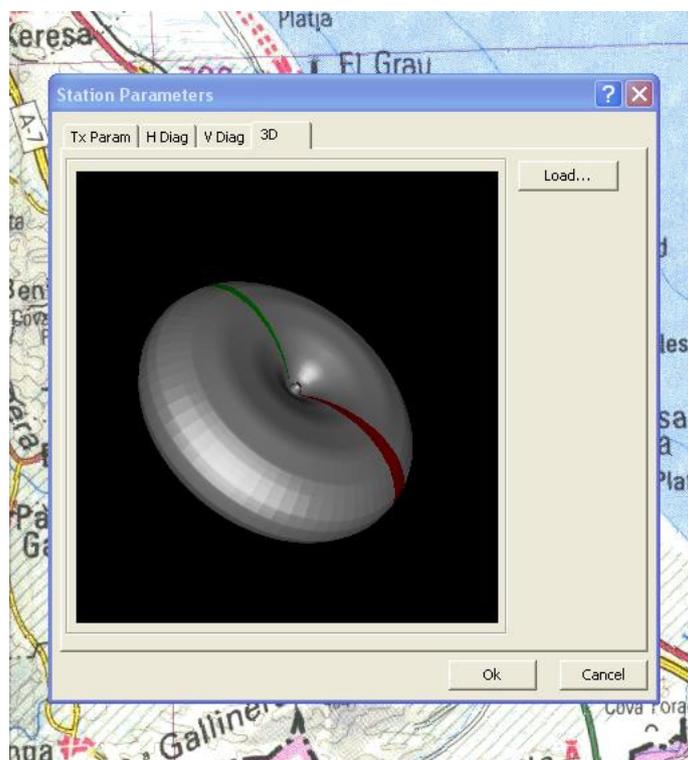
En primer lugar debemos configurar los concentradores del mismo modo que hicimos con los radiomódems pero con sus parámetros correspondientes para que el software calcule el diagrama de potencias adecuado. Esto es:



**Ilustración 23: Parámetros configuración Tx Concentrador Cabezal 3**

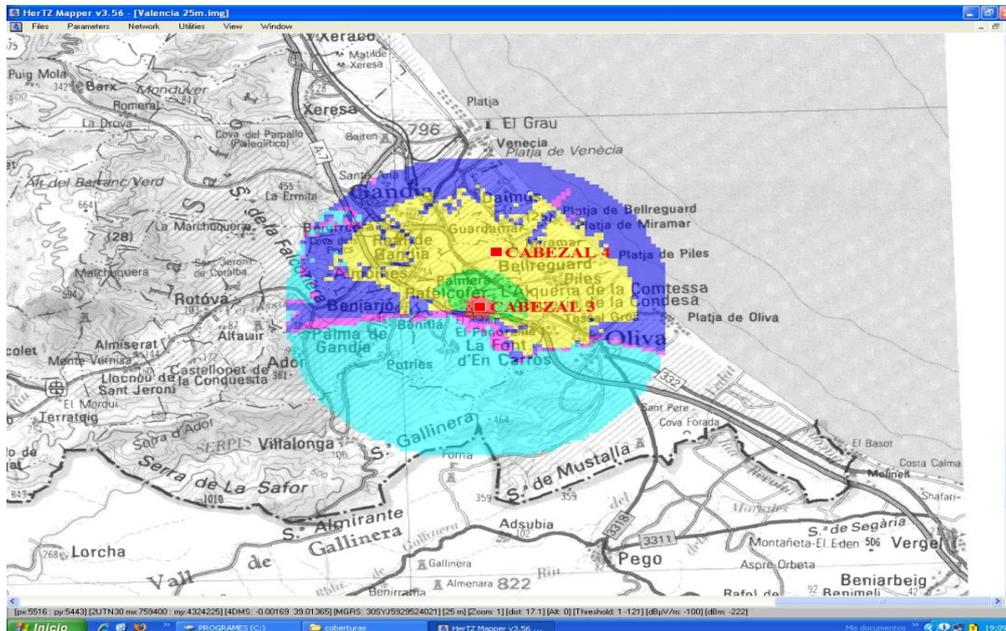
Al igual que hicimos en el apartado anterior se aplican a ambos equipos una potencia de transmisión de 27 dBm o lo que es lo mismo, 0,5 W que será la potencia declarada por nuestros concentradores (para garantizar una cobertura de serie aproximada en visión directa y en espacio libre de unos 6 km). También dotaremos a las antenas de una ganancia de 7,15 dBi y no aplicaremos los datos de Azimuth y Tilt de ningún tipo puesto que nuestras antenas para este caso son omnidireccionales y por tanto no procede el uso de tales parámetros. Les daremos una frecuencia de trabajo correspondiente a la central de la banda (418 – 420 MHz) con una altura de unos 15 metros sobre el suelo del cabezal (idénticos datos a los del apartado anterior para los radiomódems por su similitud de emplazamiento, ver fotografía anterior del cabezal 3).

Asignamos el diagrama 3D de transmisión correspondiente a un emisor omnidireccional y procedemos como antes a la simulación de potencias transmitidas por ambas estaciones.

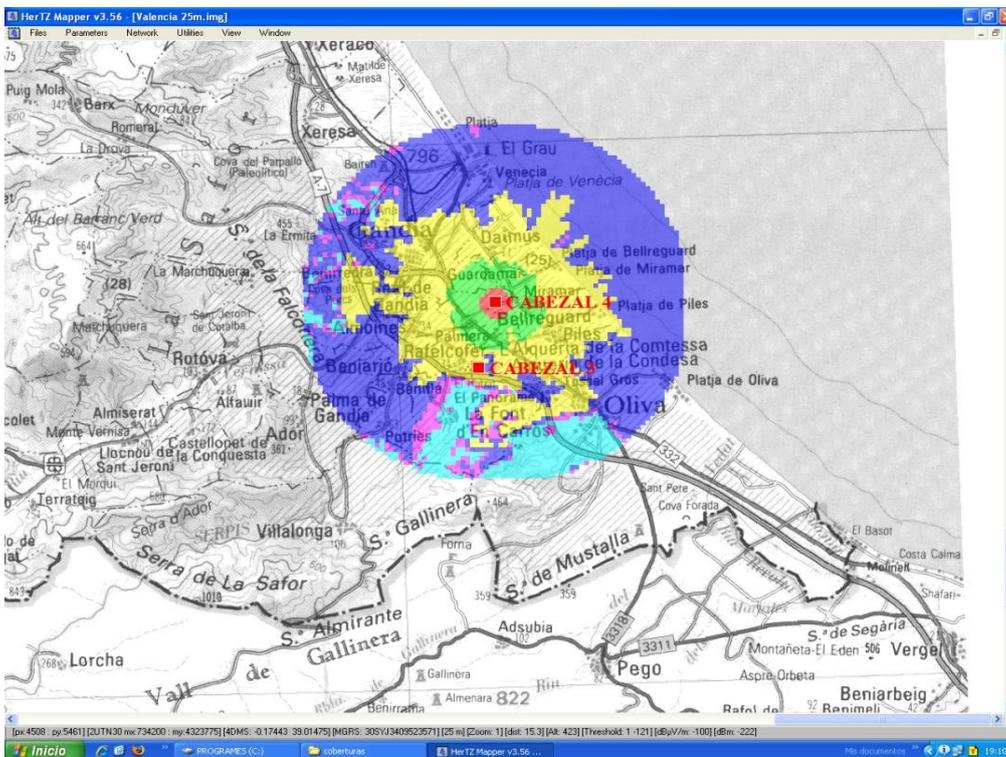


**Ilustración 24: Diagrama en 3D de un radiador omnidireccional correspondiente a las emisiones de los concentradores de los cabezales 3 y 4**

Tras un tiempo de simulación por parte de nuestro Software obtendremos dos diagramas policromáticos de potencias transmitidas, muy similares a los del apartado anterior pero sensiblemente más acotados tanto por la menor potencia de transmisión como por el menor alcance de los equipos. Ambos diagramas seguirán el mismo código de colores del apartado anterior, y con ello los resultados obtenidos serán:



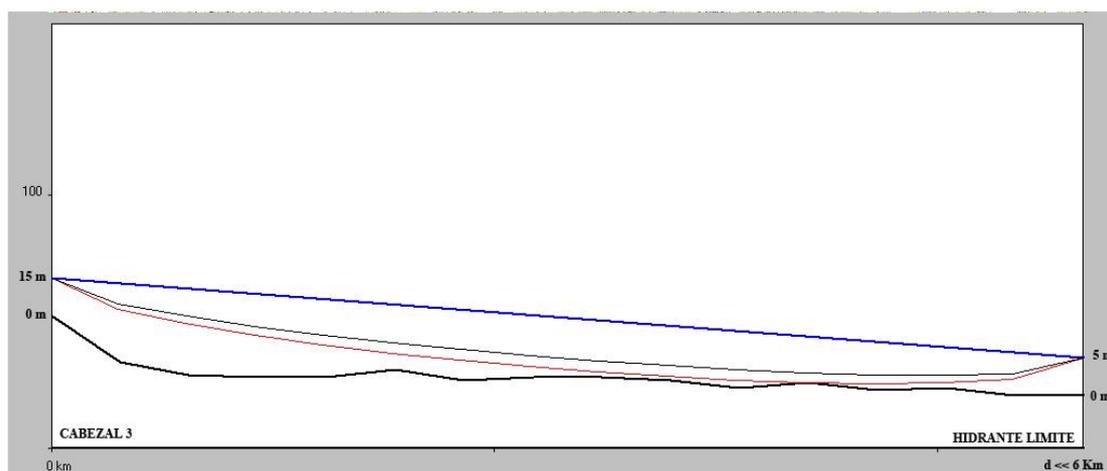
**Ilustración 25: Cobertura en Potencias para los Concentradores del Cabezal 3**



**Ilustración 26: Cobertura en Potencias para los Concentradores del Cabezal 4**

Observando los diagramas anteriores es fácil concluir que la distribución de potencia transmitida se realiza de forma más homogénea y uniforme en el caso de los concentradores del Cabezal 4, y ello es debido a que en el Cabezal 3, como ya comentamos anteriormente, tenemos una pequeña formación montañosa justo tras de sí, dificultando la propagación radioeléctrica al otro lado de dicha formación. Por suerte en esta zona dificultosa no se encuentran unidades remotas a automatizar, con lo cual el problema queda resuelto. Es evidente que el comportamiento radiante de los concentradores del cabezal 3 nos dará unos buenos resultados de potencia recibida en un ángulo de unos 200 grados (ver figura anterior) enfocando dicho ángulo aproximadamente en la dirección del Cabezal 4. Para el Cabezal 4 tenemos prácticamente radiación uniforme en los 360 grados, a excepción de una pequeña zona de sombra en la dirección del Cabezal 3, producida por la formación montañosa mencionada, pero que como ya hemos visto no nos ocasionará ningún problema por ser una zona vacía de unidades remotas.

Situamos las remotas limítrofes de la zona de cada cabezal en sus respectivos diagramas, trazamos los perfiles y calculamos las potencias recibidas. En todos los casos los perfiles resultaron ser muy parecidos a la siguiente figura:



**Ilustración 27: Perfil desde el Cabezal 3 a cualquiera de los hidrantes que delimitan el contorno de su zona de cobertura**

Una vez más concluimos que la visión directa en todo caso está garantizada para las unidades remotas de ambos cabezales, sobre todo debido a la sencillez orográfica del terreno, que es eminentemente plano. Concluimos pues, que no será necesario el uso de repetidores de señal, los cuales se construirían mediante una estación formada por un concentrador y un radiomódem apuntando hacia el cabezal 3 y alimentado todo ello mediante una placa solar con acumuladores de carga (baterías). Si situásemos todas las unidades remotas de cada cabezal en sus respectivos diagramas cromáticos de cobertura ratificaríamos el hecho anterior, ya que observaríamos que todas ellas están situadas en la zona amarilla o azul marino, con potencias de recepción no inferiores a los -67dBm (equivalentes a valores de RSSIR no inferiores a 20), valor para el cual obtenemos un correcto funcionamiento de nuestro sistema.

Al igual que aclaramos en el apartado anterior, destacar que hemos realizado las simulaciones con la frecuencia de 419 MHz puesto que el movernos en la banda de estudio de los 418 a los 420 MHz no supondría variación notable en los resultados, de

manera similar a lo que nos ocurrió anteriormente, y por tanto para elegir la frecuencia adecuada para cada concentrador lo que haremos será volver a conectar un analizador de espectro a una de las antenas omnidireccionales de los cabezales para monitorizar dicha banda de frecuencias y elegir las frecuencias de emisión óptimas. Al encontrarnos en una zona bastante rural lo lógico es que esta banda de frecuencias esté bastante libre, y en definitiva, una vez más, esto es lo que nos muestra el analizador de espectros, como veremos detalladamente en el apartado siguiente. Es decir, al realizar la operación anterior, nos encontramos con un espectro formado únicamente por ruido radioeléctrico y sin ninguna transmisión monitorizada en las frecuencias de interés. Con éste resultado decidimos elegir 4 canales más o menos aleatorios pero cumpliendo un único requisito: que los dos canales de cada cabezal se encuentren lo suficientemente alejados en frecuencia y dejar un mínimo de dos canales libres a ambos lados de la frecuencia del cabezal con respecto a las del cabezal contrario.

La canalización en este caso es de 12,5 kHz (en el caso de los radiomódems vimos que era del doble) con lo que en la banda de interés tenemos 160 canales para elegir sabiendo que p.ej. el canal CH = 20 equivale en Frecuencia a:

$$\text{FREC} = 418\text{MHz} + (20 * 12,5 \text{ kHz}) = 418250 \text{ kHz} = 440,250\text{MHz}$$

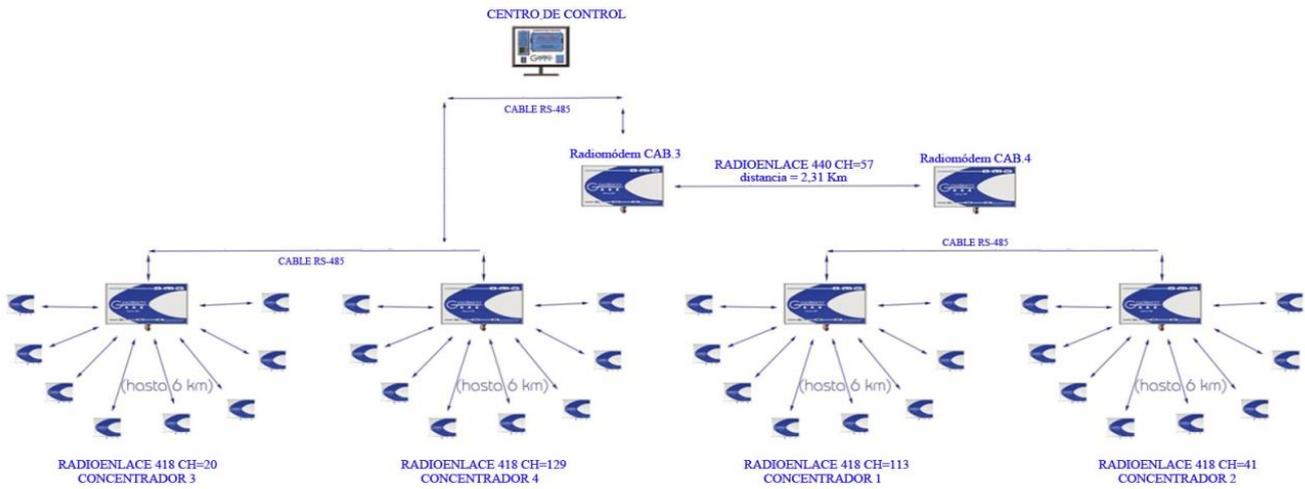
Con todo ello los canales elegidos son:

**CABEZAL 3: CONCENTRADOR 3 → CH= 20    FREC= 418,2500 MHz**  
**CONCENTRADOR 4 → CH= 129    FREC= 419,6125 MHz**

**CABEZAL 4: CONCENTRADOR 1 → CH= 113    FREC= 419,4125 MHz**  
**CONCENTRADOR 2 → CH= 41    FREC= 418,5125 MHz**

Posteriormente y al igual que debemos hacer con la frecuencia de trabajo de los radiomódems habrá que pedir la licencia correspondiente al Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación de Valencia, y esto será comentado en el apartado 5.2. de nuestro proyecto.

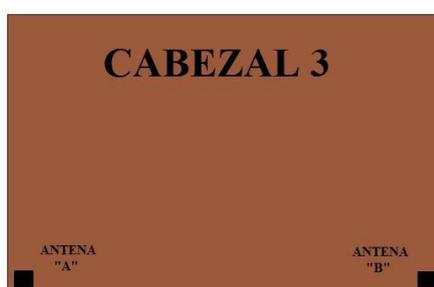
Por tanto la red de dispositivos de radioemisión quedará de la siguiente manera:



**Ilustración 28:** Red de dispositivos radioelétricos

### 4.3. SITUACION REAL EN TERMINOS DE POTENCIAS RECIBIDAS POR LOS HIDRANTES

Hay que tener en cuenta que a posteriori y de forma no teórica se ha observado un hecho radioeléctrico muy interesante, y éste es la no uniformidad de la respuesta en cobertura de los equipos del cabezal 3. Situados en un hidrante correspondiente a la zona de cobertura del Cabezal 3 podíamos programarlo tanto con la frecuencia del concentrador 3 como con la del 4 (ambos ubicados en el Cabezal 3), y aunque aparentemente y según la teoría todo debía darnos igual en términos de señal radioeléctrica, esto no ha sido así en la práctica. Si con la frecuencia del concentrador 3 programada en la unidad remota interrogábamos el parámetro correspondiente a la calidad de señal recibida ( $0 < \text{RSSIR} < 71$ ) siempre obteníamos un resultado mucho menor que con la frecuencia del otro concentrador, teniendo en cuenta que sus respectivas antenas estaban colocadas de la siguiente forma:



**Ilustración 29: Posición antenas Cab. 3**

Siendo la antena A la conectada al Concentrador 3 y la B la conectada al concentrador 4.

En un primer momento intercambiamos las antenas de los equipos para analizar que ocurría, es decir, la antena A paso a conectarse al concentrador 4 y la B al concentrador 3. Observamos un comportamiento igual al anterior, dándonos menor señal las remotas asignadas al concentrador conectado a la antena A. Comprobamos las características de transmisión de la antena A con un medidor de ROE y estas fueron correctas, por ello descartábamos un mal estado de la antena. Aún así decidimos sustituirla por una nueva, y obtuvimos los mismos resultados, confirmando nuestra hipótesis de su buen funcionamiento en transmisión inicial.

Con todo ello, concluimos por tanto, que el problema de trasmisión de la antena A era debido a su emplazamiento físico y pese a la proximidad de la antena B esta emitía correctamente. Fue fácil ver que justo enfrente del Cabezal 3 había una empresa arrocera con un gran silo metálico. Dicho silo se encontraba mucho más próximo de la antena A que de la B, actuando como una pantalla metálica que nos impedía la correcta radiación. Optamos por la siguiente solución: las unidades remotas más próximas al cabezal las programamos con la frecuencia del equipo conectado a la antena A y las más alejadas las programamos hacia el concentrador conectado a la B. Aun así en cada remota perteneciente al Cabezal 3 se contrastó la RSSIR obtenida para ambos concentradores y en los casos en los que nos dio un valor inaceptable se asignó tal hidrante a alguno de los dos concentradores del Cabezal 4, mejorando la señal y solucionando el problema.

Con todas las unidades remotas programadas y comunicando perfectamente con el Centro de Control, se realizó un sondeo por cada una de ellas evaluando su nivel de RSSIR, siendo en todos los caso superior a un valor de 20, el cual es el valor mínimo recomendado por nuestra empresa para garantizar la estabilidad de comunicaciones entre hidrantes y concentrador. Aunque las especificaciones de los equipos receptores posibilitan el funcionamiento incluso con bajos niveles de señal, la experiencia nos dice que este hecho depende en gran medida de las condiciones climáticas. Por ello se ha planificado la red de comunicaciones trabajando bastante por encima del umbral mínimo. Una vez más recalcar que tan buenos resultados se deben al perfil de llanura que encontramos en toda la zona a cubrir.

A modo de cuadro resumen de las comunicaciones y elementos implicados en ellas presentamos las siguientes tablas:

### COMUNICACIÓN ENTRE BLOQUES

#### COMUNICACIÓN UNIDAD CONCENTRADORA - UNIDADES DE CAMPO

<b>Tipo de comunicación</b>	Radioenlace en la banda D1 (418-420MHz UHF), con licencia
<b>Número de canales</b>	Hasta 160 (configurable)
<b>Seguridad de transmisión de datos</b>	Comunicación digital codificada. (Imposibilitando maniobras por sistemas externos)
<b>Alcance de la comunicación</b>	Hasta 6 km. en condiciones de espacio libre, con lo que se consigue una cobertura de hasta 11.300 Ha

#### COMUNICACIÓN CENTRO DE CONTROL – UNIDADES CONCENTRADORAS DEL CABEZAL 3 (CONCENTRADORES 3 Y 4)

<b>Tipos de comunicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Serie RS-232 ó RS-485</li> <li>· Módem telefónico externo</li> <li>· Radiomódem externo</li> </ul>
<b>Protocolo de comunicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· ModBus RTU en funcionamiento normal.</li> <li>· Comandos ASCII en modo configuración.</li> </ul>
<b>Velocidad de comunicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Configurable a 2.400, 4.800, 9.600 ó 19.200 bps (en modo ModBus).</li> <li>· 2.400 bps (en modo configuración).</li> </ul>

#### COMUNICACIÓN ENTRE RADIOMÓDEMS

<b>Tipo de comunicación</b>	Radioenlace en la banda D2 (440-442MHz UHF), con licencia
<b>Número de canales</b>	Hasta 160 (configurable)
<b>Seguridad de transmisión de datos</b>	Comunicación digital codificada. (Imposibilitando maniobras por sistemas externos)
<b>Alcance de la comunicación</b>	Hasta 20 km. en condiciones de espacio libre

## COMUNICACIÓN CON AUTÓMATAS

<b>Tipo de comunicación</b>	· Serie RS-232 ó RS-485
<b>Protocolo de comunicación</b>	· ModBus RTU
<b>Velocidad de comunicación</b>	· Configurable a 2.400, 4.800, 9.600 ó 19.200 bps.

### ANTENAS



**Ilustración 30: Antena de Unidad remota**

<b>Tipo de antena</b>	Dipolo en $\lambda/2$
<b>Frecuencia</b>	415-445 MHz
<b>Ganancia</b>	3 dBi
<b>Impedancia</b>	50 $\Omega$
<b>Polarización</b>	Vertical

### Unidad concentradora (omnidireccional)



Ilustración 31: Antena de Unidad Concentradora

<b>Tipo de antena</b>	Dipolo colineal
<b>Frecuencia</b>	412-430 MHz
<b>Ganancia</b>	7,15 dBi
<b>Impedancia</b>	50 $\Omega$
<b>Polarización</b>	Vertical

Esta antena tiene un diagrama de radiacion omnidireccional tal que así:

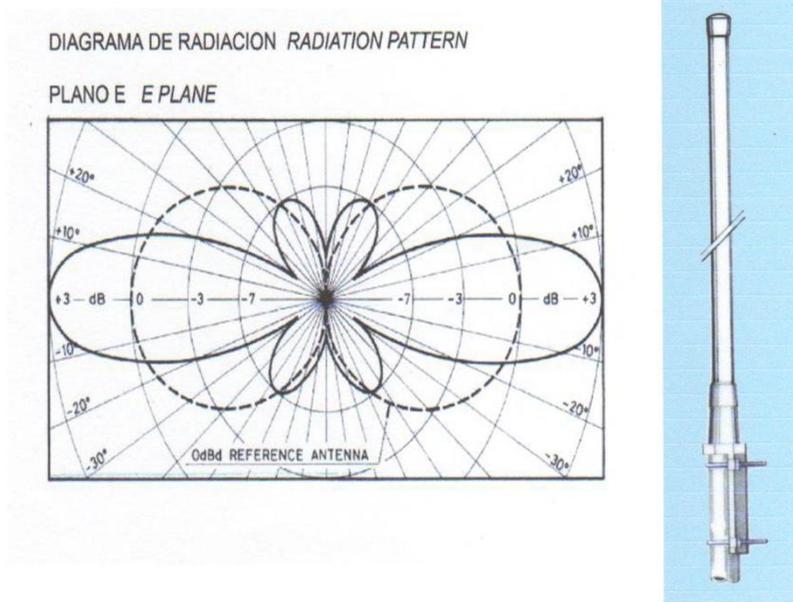


Ilustración 32: Diagrama de Radiación de Unidad concentradora

### Radiomódem (directiva)

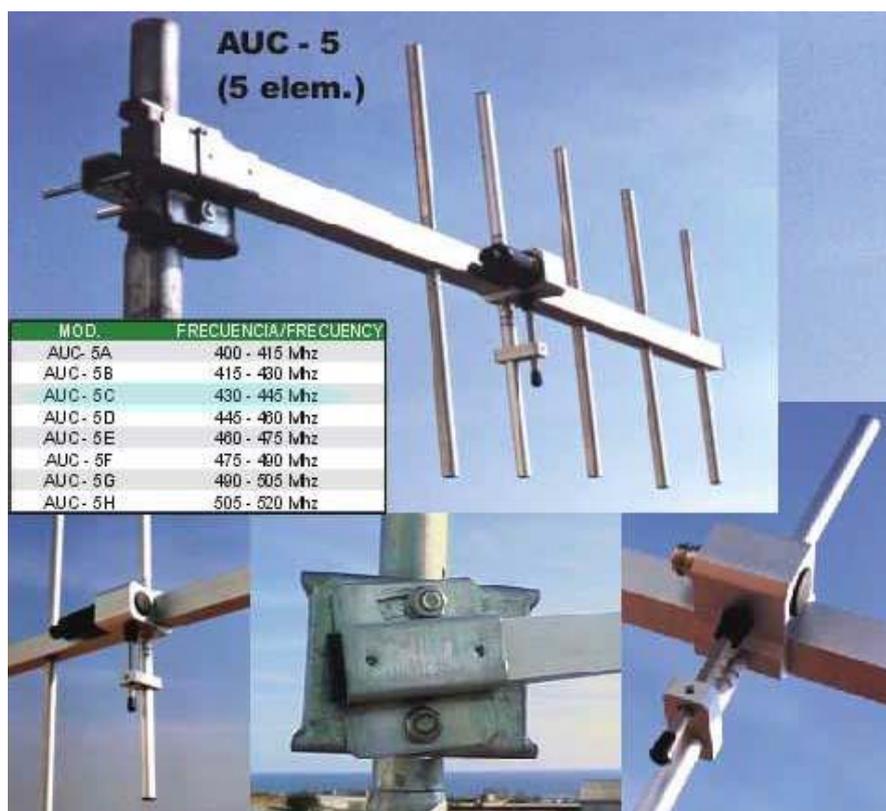


Ilustración 33: Antena Radiomódem

<b>Tipo de antena</b>	Yagi (5 elementos)
<b>Frecuencia</b>	430-445 MHz
<b>Ganancia</b>	7,15 dBi
<b>Impedancia</b>	50 $\Omega$
<b>Polarización</b>	Vertical/Horizontal

Y sus diagramas de radiación vertical y horizontal son:

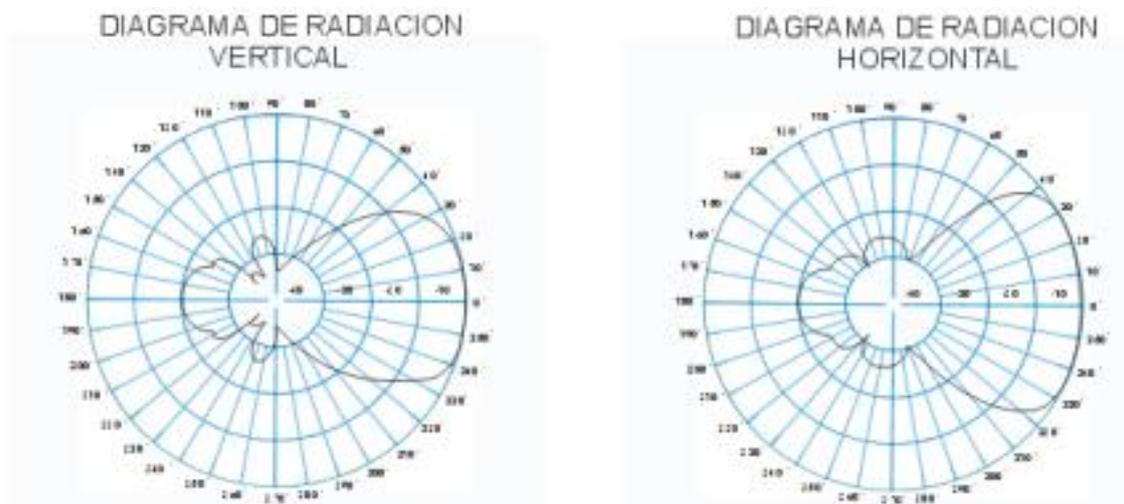


Ilustración 34: Diagrama de Radiación Radiomódem



## **5. Análisis Espectral y Asignación de Frecuencias**

En este apartado justificaremos el porqué de haber elegido los canales que mencionamos en apartados anteriores, tanto para los cuatro concentradores como para el enlace de los dos radiomódems involucrados.

### **5.1. ANALISIS DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN LAS BANDAS DE LAS FRECUENCIAS DE TRABAJO. ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS DE FORMA ÓPTIMA.**

En primer lugar nos centraremos en la zona del espectro correspondiente a la franja entre 418 MHz y 420 MHz, que como ya hemos citado en repetidas ocasiones es la banda espectral de trabajo de las Unidades Concentradoras para enlazar con sus respectivas Unidades Remotas.

La metodología de trabajo será la siguiente:

La conexión entre la antena omnidireccional de concentrador (con conector hembra de tipo N) y el concentrador en sí mismo se realiza con una tirada de unos 20 metros de cable coaxial de TIPO RG-213 terminada en ambos extremos con conectores de TIPO N Macho que llegará hasta nuestro cuadro eléctrico de telecontrol en cada cabezal. Desde el concentrador hasta el exterior del cuadro eléctrico y para conectar con el anterior cable coaxial llegaremos con un latiguillo al que denominaremos “LATIGUILLO INTERIOR” de cable RG-58 (4,95mm de diámetro) con conectores de tipo N hembra en un extremo (el que da al exterior del cuadro) y N macho en el otro (extremo que conecta con el concentrador), que finalizará el enlace entre el concentrador con su respectiva antena.

Esquemáticamente sería así:

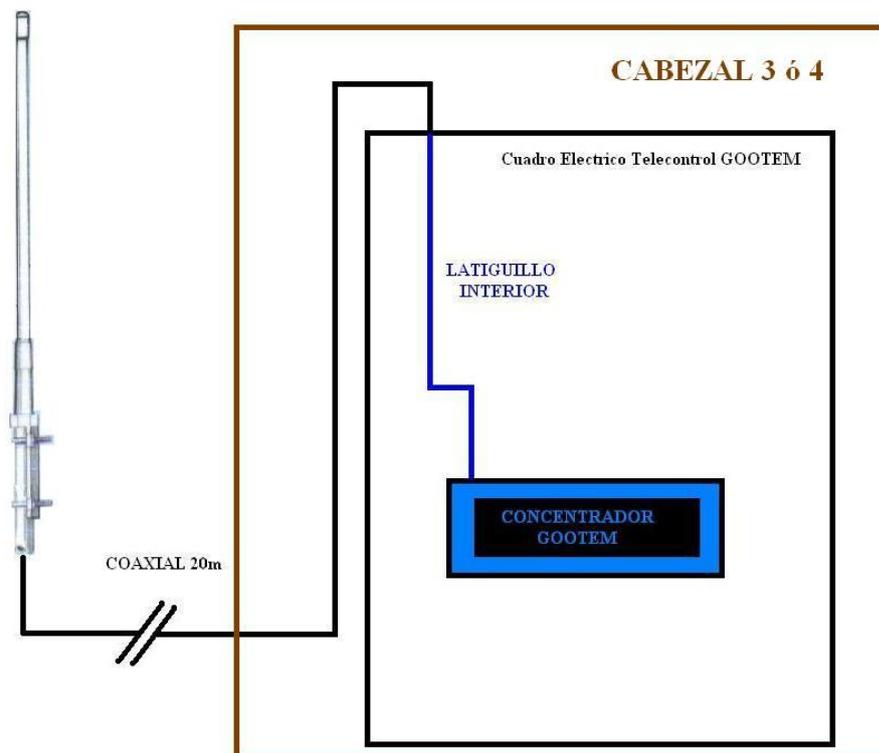
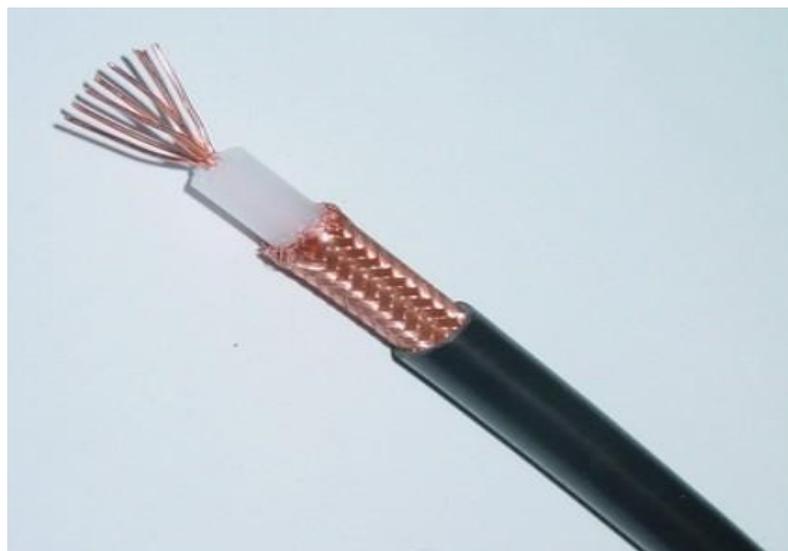


Ilustración 35: Esquema cableado antenas Cab. 3 ó 4

Veamos algunas imágenes de los cables y conectores citados:



Ilustración 36: Cable RG-58 – Latiguillo interior



**Ilustración 37: Cable RG-213 – Para el Coaxial exterior**

CONECTORES CABLE EXTERIOR RG-213



**Ilustración 38: Conector N macho**

CONECTORES CABLE INTERIOR RG-58



**Ilustración 39: Conector N hembra para latiguillo interior**



**Ilustración 40: Conector N macho para latiguillo interior**

Una vez instaladas las antenas de concentrador en cada cabezal, y con sus respectivos cables coaxiales conectados hasta los concentradores, desconectamos estos para poder conectar el analizador de espectro radioeléctrico y así realizar un barrido en la banda de trabajo con el fin de ubicar de la manera más óptima nuestras emisiones radioeléctricas.

Para ello el equipo utilizado es el analizador de espectro de la marca “Agilent Technologies” modelo E4402B con un ancho de banda total desde los 9 kHz hasta los 3 GHz.

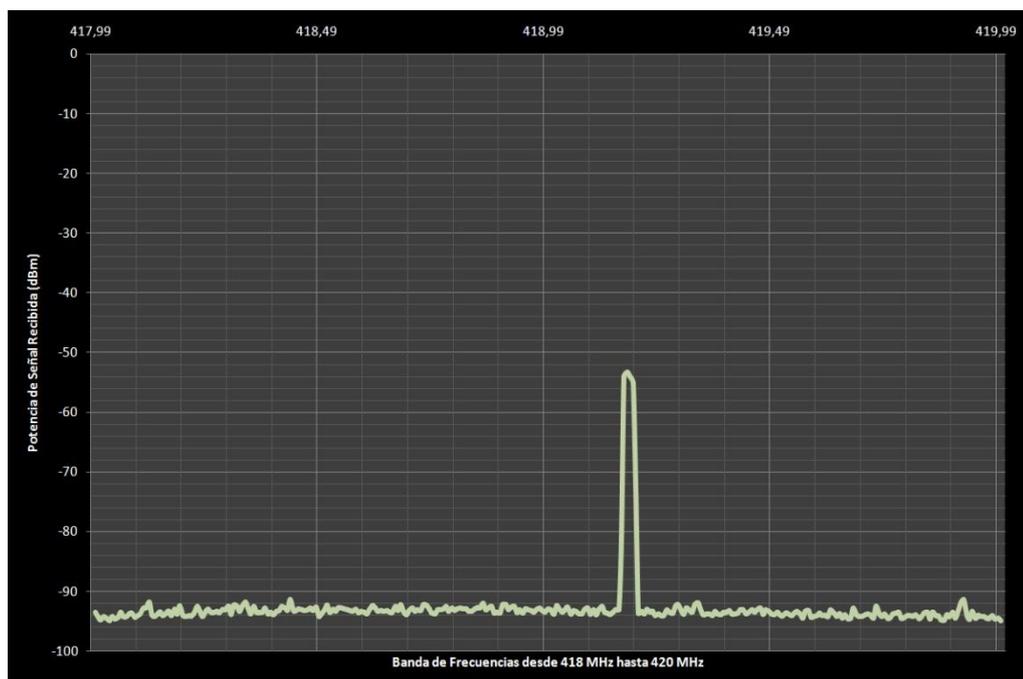


**Ilustración 41: Analizador de Espectro - Agilent E4402B**

Realizaremos la misma operación en ambos cabezales, por un lado para la banda de 418 – 420 MHz (concentradores) y por otro en la de 440 – 442 MHz (Radiomódems), y esto se hará así ya que al estar ubicados en zonas geográficas separadas hay que analizar el espectro en ambos cabezales para cerciorarnos de que no existe interferencia alguna. Procederemos de la siguiente forma:

- En primer lugar configuramos el analizador con los parámetros necesarios. Veremos lo realizado en el cabezal 3 y en el 4 para los concentradores y seguidamente para los radiomódems. Pasos a seguir en el analizador:
  - ✓ Parámetro “CENTER FREQ” ó frecuencia central de la banda bajo estudio:
    - para concentradores: 419 MHz
    - para radiomódems: 441 MHz
  - ✓ Parámetro “SPAN” ó ancho de pantalla:
    - para concentradores: 2 MHz
    - para radiomódems: 2 MHz
  - ✓ Botón “VIEW TRACE” → opción “MaxHold”: opción que mantiene en pantalla el máximo valor de potencia en cada punto de muestreo de frecuencia durante el tiempo de análisis establecido.
- Conectamos la antena correspondiente, omnidireccional para concentradores y directiva para radiomódems, y dejamos al equipo muestreando el espectro durante unas 24 horas. Utilizamos este tiempo de muestreo por si existiesen transmisiones esporádicas o cíclicas durante el día que solo se realicen en horas puntuales. Asumimos el error de que existan transmisiones que solo se realicen en días que no se el elegido para el muestreo, ya que disponemos de un tiempo limitado para realizar las pruebas, y en cualquier caso la aprobación de la frecuencia elegida dependerá del COITCV que al ser banda privada es quien otorga los derechos espectrales. Debido a la dilatación en tiempo de los trámites burocráticos para otorgar las frecuencias, también asumimos el error de empezar a operar con una frecuencia que a posteriori el COITCV nos comunicará que se encuentra contratada ya, en cuyo caso, deberíamos reprogramar nuestros equipos con otros canales de emisión. Pero de cualquier modo, estas situaciones son improbables puesto que el espectro está bastante despejado y además quien transmite lo suele hacer a diario y con el periodo de muestreo de 24 horas lo observaríamos para evitar operar próximos a ellos.

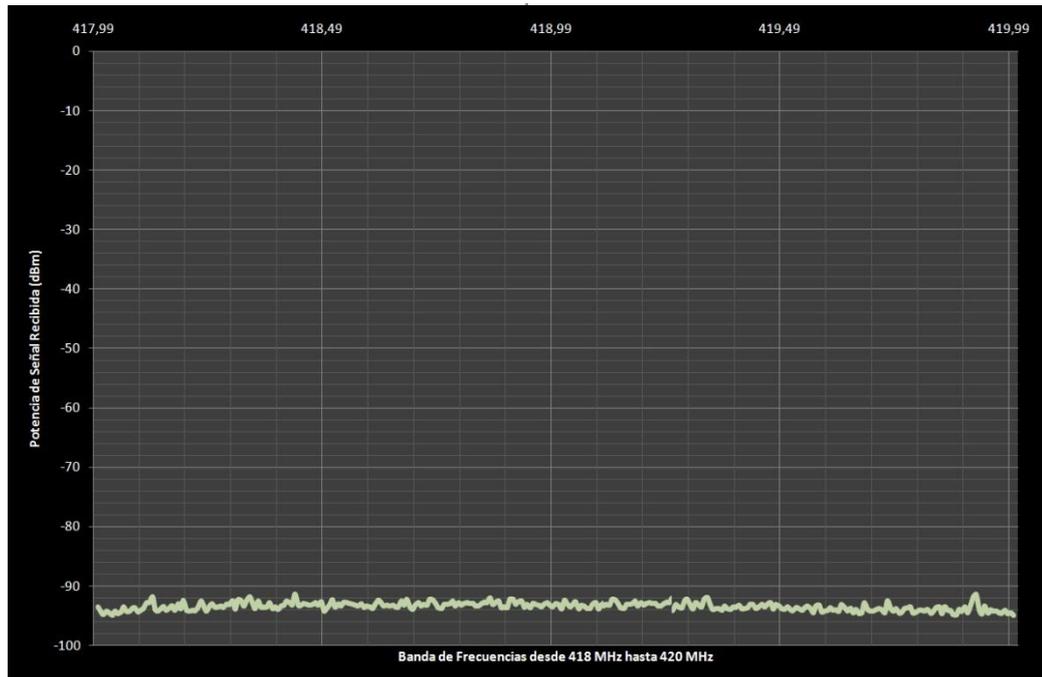
Con todo ello la pantalla visualizada tras las 24 horas de observación para el caso de los concentradores del Cabezal 3 es la siguiente:



**Ilustración 42: Gráfico modo “MaxHold” correspondiente a 24H de muestreo en la banda 418 – 420 MHz en el Cabezal 3**

Observamos claramente un espectro bastante “limpio”, en el que los pequeños picos visualizados en torno a los -90 dBm corresponden a ruido radioeléctrico ambiental y no nos preocupan en nuestro propósito; también detectamos una única emisión entre los 419 y los 419,5 MHz. Por tanto, como veremos al final de este apartado nos deberemos alejar al máximo de esta interferencia a la hora de elegir nuestras frecuencias portadoras. Hay que destacar que el analizador toma valores en más de 300 puntos en los 2 MHz de ancho espectral analizado, interpolando los valores intermedios linealmente para obtener el gráfico visualizado.

En el Cabezal 4 el analizador de espectro con la misma configuración que en el caso anterior, tras 24 horas, nos proporcionó la siguiente imagen:



**Ilustración 43: Gráfico modo “MaxHold” correspondiente a 24H de muestreo en la banda 418 – 420 MHz en el Cabezal 4**

Es fácil observar que en este caso no existe ninguna emisión que nos perturbe y podremos ubicar nuestras transmisiones en cualquier punto de la banda de trabajo.

Con la información obtenida en ambos cabezales elegimos la posición óptima en cuanto a separación espectral se refiere, y teniendo en cuenta que el espectro del Cabezal 4 no es relevante por su “limpieza” radioeléctrica, en cuanto a interferencias se refiere, mostraremos la ubicación elegida para nuestras transmisiones en la pantalla correspondiente al análisis del Cabezal 3:

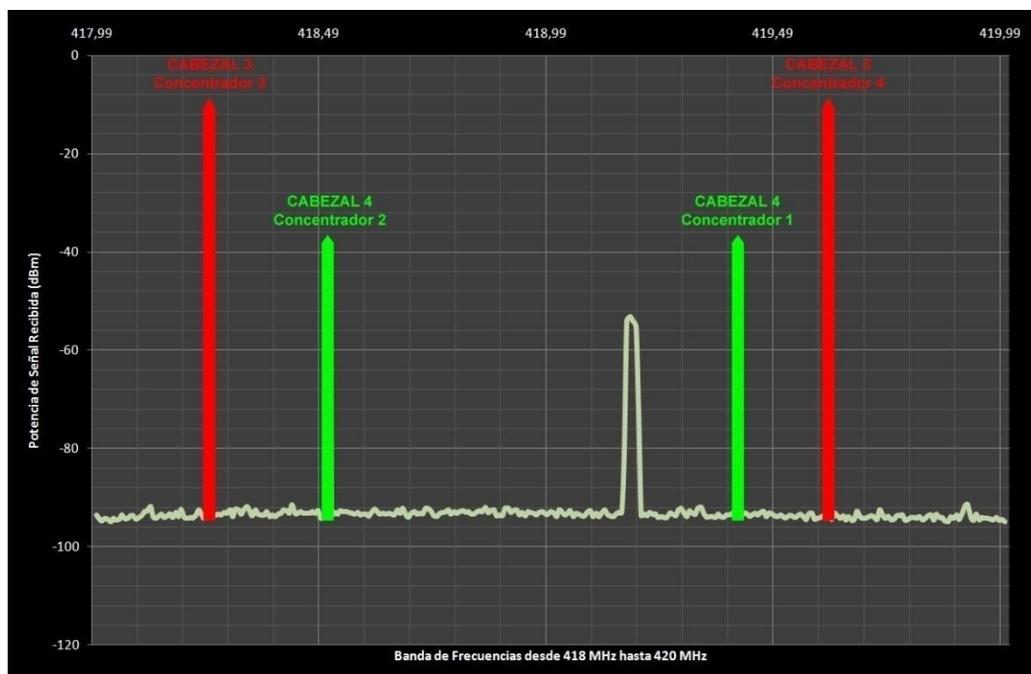


Ilustración 44: Ubicación elegida para Tx

En la imagen anterior hemos representado en color rojo la ubicación de las transmisiones correspondientes a los 2 concentradores del Cabezal 3 y en color verde las correspondientes a los 2 Concentradores del Cabezal 4. Es destacable que la altura de las flechas verdes y rojas no representa en ningún caso valor de potencia recibida, sino solo de forma simbólica la ubicación espectral de nuestras transmisiones; así mismo el hecho de que las flechas verdes sean más pequeñas que las rojas solo pretende representar que nos encontramos analizando el espectro en el Cabezal 3, y por tanto la potencia recibida de las emisiones desde el Cabezal 4 será, evidentemente, menor. Con todo ello, y como ya mencionamos anteriormente, los canales elegidos serían:

- Concentradores del Cabezal 3 → CH=20 y 129
- Concentradores del Cabezal 4 → CH=41 y 113

Las citadas posiciones espectrales se han elegido con la única premisa de minimizar las interferencias, tanto entre nuestras propias emisiones como entre la interferencia ajena a nosotros. Para ello hemos situado la emisión de cada Concentrador de un mismo cabezal en una mitad de la banda de trabajo, es decir:

- Concentrador 3 Cabezal 3 → Banda 418 – 419 MHz
- Concentrador 4 Cabezal 3 → Banda 419 – 420 MHz

Y del mismo modo:

Concentrador 2 Cabezal 4 → Banda 418 – 419 MHz

Concentrador 1 Cabezal 4 → Banda 419 – 420 MHz

Es obvio que podíamos haber distribuido las emisiones de otra forma, tan solo habría que tener en cuenta las citadas premisas de minimizar las interferencias.

Del mismo modo que hemos operado para la distribución de las frecuencias de trabajo en lo que a Concentradores se refiere, modificamos los parámetros para el análisis de las transmisiones de los radiomódems de unión entre los Cabezales 3 y 4, introduciendo en el analizador de espectro la siguiente configuración:

- ✓ Parámetro “CENTER FREQ” ó frecuencia central de la banda bajo estudio: 441 MHz
- ✓ Parámetro “SPAN” ó ancho de pantalla: 2 MHz
- ✓ Botón “VIEW TRACE” → opción “MaxHold” (explicada anteriormente).

Destacamos que en ambos cabezales y tras 24 horas de estudio, se obtiene una pantalla libre de emisiones ajenas y por ello mostraremos solo la obtenida en el Cabezal 3, que será la siguiente:

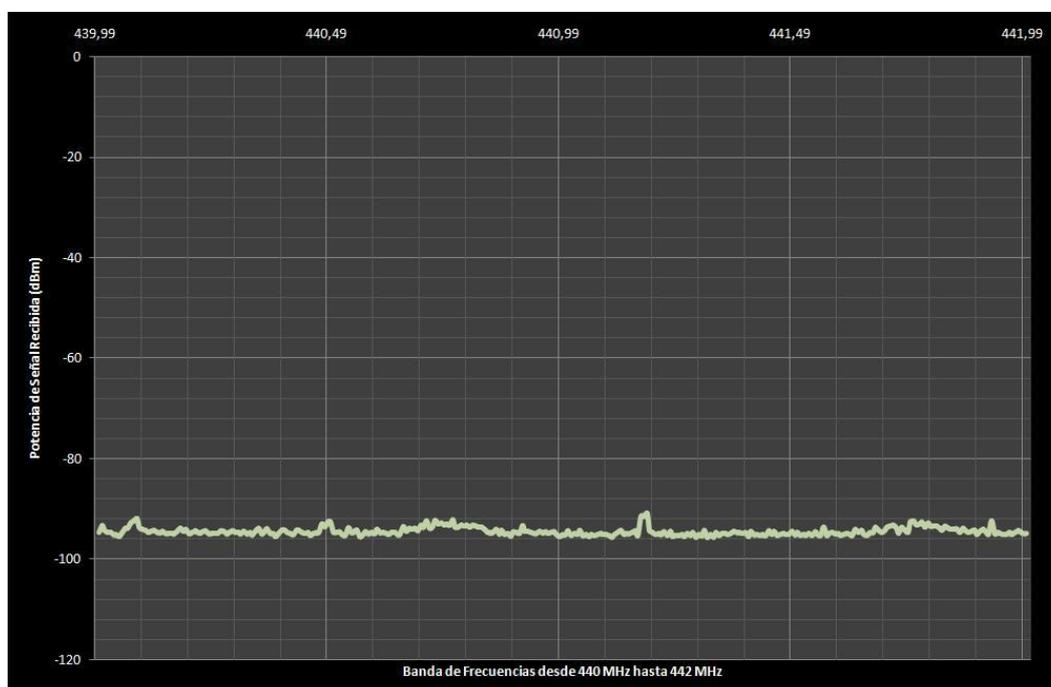


Ilustración 45: Gráfico modo “MaxHold” correspondiente a 24H de muestreo en la banda 440 – 442 MHz en el Cabezal 3

Observamos pequeños picos de transmisión en ciertas frecuencias, pero en ambos cabezales son de poca potencia, por tanto nos alejaremos de ellos en la medida de lo posible sin más. Observando la figura anterior, nuestras emisiones se situarán espectralmente del siguiente modo:

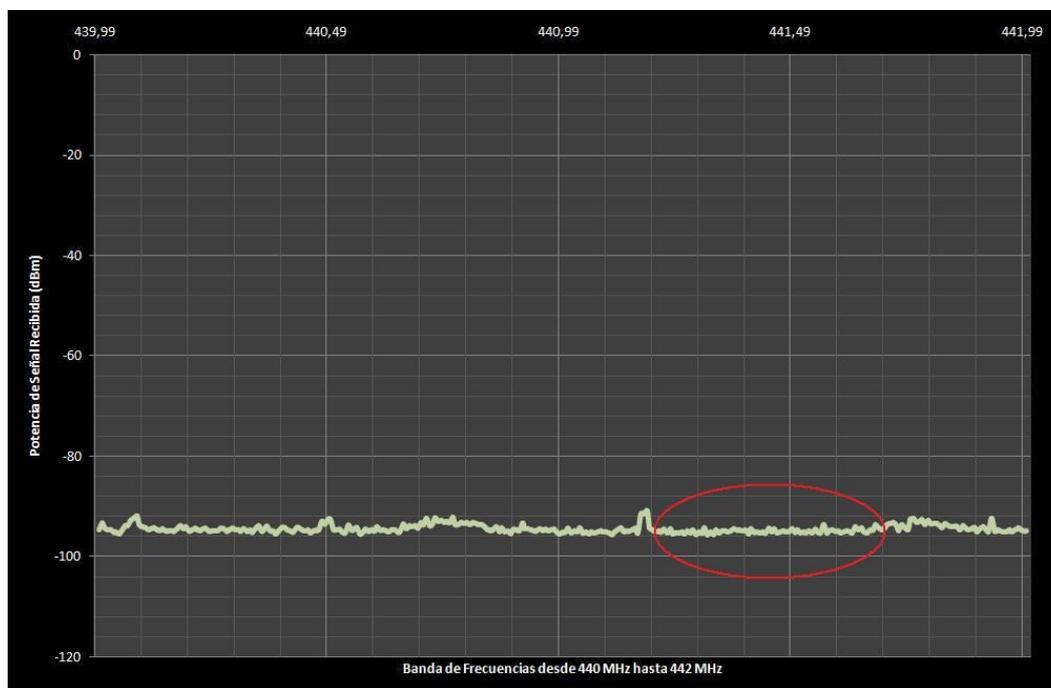


Ilustración 46: Zona "limpia" Radioeléctricamente

En la figura anterior, resaltamos la zona con menos picos que nos puedan causar interferencias, y por tanto elegiremos un canal situado en dicha porción espectral. La frecuencia de emisión elegida es la correspondiente al canal 57, o lo que es lo mismo 441,425 MHz.

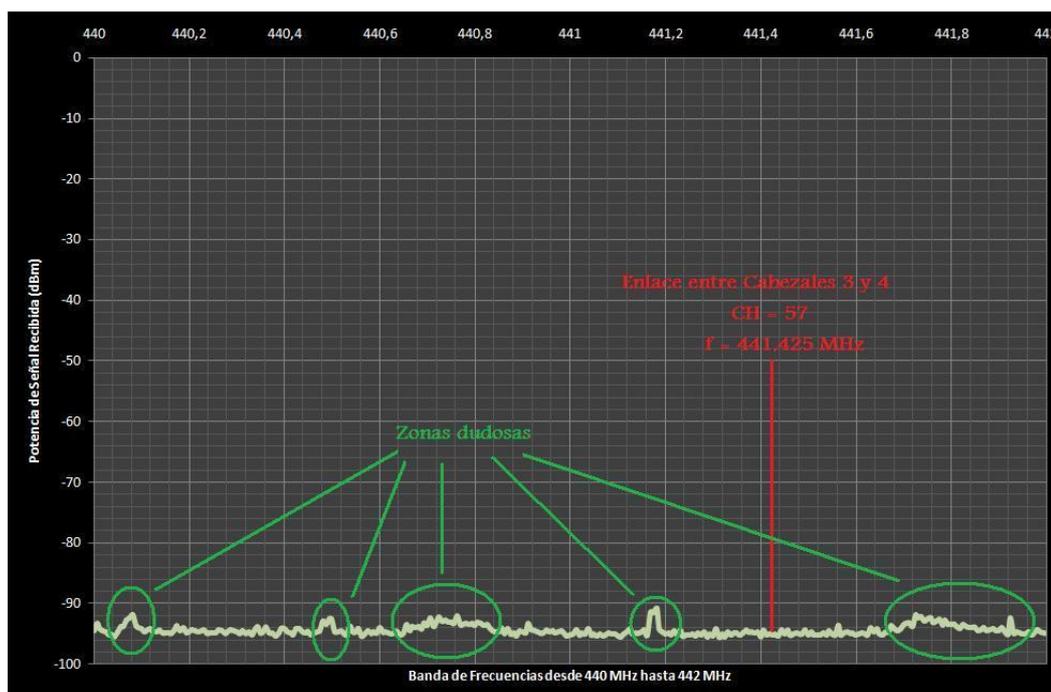


Ilustración 47: Frecuencia de transmisión elegida para Radiomódems

Del mismo modo que en los gráficos anteriores, la longitud de la línea roja no representa en ningún caso la potencia recibida, tan solo pretende ubicar gráficamente nuestras transmisiones en la banda de frecuencias de trabajo.

## **5.2. PETICIÓN OFICIAL AL COLEGIO DE TELECOMUNICACIONES**

Como ya hemos mencionado en alguna ocasión, todas las frecuencias de transmisión obtenidas en el apartado anterior, tanto para concentradores como para radiomódems, pertenecen a bandas privadas, es por ello que debemos solicitar al Ministerio de Industria el permiso para su uso, pagando anualmente la Comunidad de Regantes la cuota establecida a tal efecto. Para ello se cumplimenta debidamente el impreso de “Solicitud de servicios móviles y fijo de banda estrecha”, el cual en este caso lo rellene yo, Carlos Molés, pero debía figurar un ingeniero en telecomunicación Colegiado, por lo que lo firmó mi compañero en la empresa Eduardo Sorita Calatayud. Las casillas que aparecen con símbolos X simplemente protegen la confidencialidad empresarial de dicho impreso, pero no afectan para que veamos cómo fue relleno. Así pues mostrare en imágenes el impreso debidamente cumplimentado a continuación.



Código REF.  
(A rellenar por la Administración) 

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Código de Actividad  
(A rellenar por la Administración) 

--	--	--	--

## SOLICITUD DE TÍTULO HABILITANTE Y PROPUESTA TÉCNICA PARA USO DEL DOMINIO PÚBLICO RADIOELÉCTRICO (SERVICIOS MÓVILES Y SERVICIO FIJO DE BANDA ESTRECHA) <sup>1</sup>

### 1. Datos identificativos de la persona, física o jurídica, para quien se solicita el título habilitante.

Nombre / denominación social COMUNIDAD DE REGANTES RUI ALCOI N.I.F. / C.I.F. Q4667016B  
domicilio a efectos de notificaciones en Gandia calle Santo Tomas Villanueva nº 17 planta bajo  
puerta, ..... provincia VALENCIA C.P. 46701 nacionalidad Española

Adjuntar etiqueta identificativa de la AEAT de la persona jurídica para quien, en su caso, se solicita el título habilitante

(Espacio a rellenar por la Administración)

### 2. Datos identificativos del representante (\*):

Nombre (\*\*), XXXXXXXXXXXX N.I.F. XXXXXX  
con domicilio en XXXXXX calle XXXXXX nº XXXXXX planta XXXXXX  
puerta, ..... provincia XXXXXX C.P. XXXXXX nacionalidad ESPAÑOLA  
nº de teléfono, XXXXXX correo electrónico XXXXXX

(\*): Quienes firmen la solicitud en nombre de otro deberán aportar documentación que acredite su capacidad legal de representación.  
(\*\*) Doy mi consentimiento para que mis datos de Identidad Personal puedan ser consultados mediante el Sistema de Verificación de Datos de Identidad Personal, a los efectos de iniciación de este procedimiento, de conformidad con lo establecido en la Orden PRE/3949/2006, de 26 de diciembre. SÍ  NO , aportando en caso negativo fotocopia autenticada del DNI o tarjeta de identidad equivalente.

3. Modalidad de título habilitante que se solicita: Autorización  Concesión  Afectación

(La autoprestación de servicios por el titular de los derechos de uso del dominio público radioeléctrico requerirá una autorización, salvo en el caso de Administraciones Públicas que requerirá una afectación. Los derechos de uso destinados a redes públicas (prestación de servicios a terceros) se otorgarán por concesión y el titular deberá adjuntar a esta solicitud documento acreditativo de su condición de operador).

### 4. Condiciones impuestas al titular del título habilitante:

El titular de los derechos de uso asume formalmente el cumplimiento de las condiciones y el respeto a las garantías establecidas en la Ley General de Telecomunicaciones, (BOE nº 284 de 4-11-2003) y su normativa de desarrollo que le sean de aplicación. Asimismo, tratándose de extranjeros, declara su sometimiento a la jurisdicción de los Juzgados y Tribunales españoles de cualquier orden para todas las incidencias que de modo directo o indirecto, pudieran surgir del título concedido, con renuncia, en su caso, al fuero jurisdiccional extranjero que pudiera corresponderle, asimismo, deberá designar una persona responsable, a efectos de notificaciones, domiciliada en España.

En GANDIA ..... a 26 de OCTUBRE de 2010

(firma del representante y sello de la entidad)

SR. SECRETARIO DE ESTADO DE TELECOMUNICACIONES Y PARA LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN

<sup>1</sup> Los datos contenidos en esta solicitud podrán ser incorporados a un fichero automatizado destinado al registro y tratamiento de los datos administrativos y técnicos relativos al Registro Nacional de Frecuencias y, en su caso, al Registro Público de Concesionarios y al Registro de Liquidación de Tasas y serán utilizados en la forma y con las limitaciones y derechos que recoge la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. Si desea acceder, rectificar o anular, en su caso, sus datos, puede comunicarlo a: Subdirección General de Planificación y Gestión del Espectro Radioeléctrico. c/ Capitán Haya, 41 28071-Madrid - Fax: 91 346 22 29

**Código REF**  
(A rellenar por la Administración) 

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Código TASA**  
(A rellenar por la Administración) 

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

## PROPUESTA TÉCNICA PARA SERVICIOS MÓVILES / SERVICIO FIJO DE BANDA ESTRECHA

### 1. Características generales de la red que se pretende instalar:

- 1.1. Banda de frecuencia solicitada: UN-31 Denominación de la emisión: 8KF00F3D; 16KF0F3D
- 1.2. Número mínimo de frecuencias necesarias: 1 simplex (440-442 MHz) y 4 duplex (418-420 MHz y 428-430 MHz)
- 1.3. Naturaleza de la radiocomunicación (indíquese con una X):
- |                    |                                     |                        |                                     |
|--------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| Telefonía .....    | <input type="checkbox"/>            | Unidireccionales ..... | <input type="checkbox"/>            |
| Radiobúsqueda..... | <input type="checkbox"/>            | Bidireccionales .....  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Telemida .....     | <input checked="" type="checkbox"/> |                        |                                     |
| Telemando.....     | <input checked="" type="checkbox"/> |                        |                                     |
| Datos .....        | <input type="checkbox"/>            |                        |                                     |
| Telealarmas .....  | <input type="checkbox"/>            |                        |                                     |

### 2. Tipos de servicio y tipo y número de estaciones necesarias.

		I (-)	A (-)
2.1. Servicio Fijo de banda estrecha:	Estaciones fijas .....	2	
2.2. Servicios Móviles (Terrestre, Aeronáutico y Marítimo):	Estaciones base .....	4	
	Estaciones repetidoras.....		
	Estaciones a bordo de vehículo..		
	Estaciones portátiles .....	432	

\* I = Red inicial; A = Ampliación o reducción (-) del número de estaciones (en su caso). Para modificaciones (cambios de emplazamiento, frecuencias, enlaces, etc.), utilizar exclusivamente el apartado 3 siguiente.

2.3. Otros tipos de Servicios radioeléctricos (utilizar la terminología del Reglamento de Radiocomunicaciones).

### 3. Describir el destino de la red, las ampliaciones y/o modificaciones que, en su caso, se pretenden efectuar en redes ya instaladas y en general cualquier otro aspecto que deba ser considerado en la resolución de la solicitud.

Nueva instalación       Ampliación       Modificación

La entidad solicitante, COMUNIDAD DE REGANTES RIO ALCOY DE GANDIA, encargada del abastecimiento de agua de regadío para las tierras pertenecientes a su zona regable, necesita la implantación de un sistema de telemida y telemando mediante enlaces vía radio para optimizar el aprovechamiento del agua pública para el riego de dicha comunidad.

4. Características de las estaciones cuyo emplazamiento es fijo. Indíquese con una X el recuadro que corresponda. Las coordenadas geográficas se expresarán en Datum ED50, indicando en su defecto el Datum utilizado

TIPO DE ESTACIÓN	DATOS UBICACIÓN	DATOS INSTALACIÓN
<p><b>A</b> <input type="checkbox"/> (*)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Fija</p> <p><input type="checkbox"/> Base</p> <p><input type="checkbox"/> Repetidora</p> <p><input type="checkbox"/> Costera</p> <p><input type="checkbox"/> Aeronáutica</p> <p><input type="checkbox"/> Otras</p>	<p>Situación: Poligono 4 Parcela 3 (calle, plaza o lugar geográfico)</p> <p>Población: Alqueria de la Condesa Término Municipal: Alqueria de la Condesa Provincia: Valencia</p> <p>Coordenadas geográficas: 38 / 56 / 2 N 00 / 9 / 22 E/W W (grados, minutos, segundos)</p> <p>Cota terreno s/nivel del mar (m): 18</p> <p>Altura antena sobre terreno (m): 8</p>	<p>Tipo de antena: Omnidireccional <input type="checkbox"/></p> <p>Directiva <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Ganancia (Gd en dBd): 9 Acimut máxima radiación: 14 Abertura del Haz (puntos a -3dB): 60°</p> <p>Potencia radiada aparente (W): 2</p> <p>Radio de cobertura, o, para enlaces punto a punto o punto a multipunto, máxima distancia emisor - receptor (km): 2,31</p>
<p><b>B</b> <input type="checkbox"/> (*)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Fija</p> <p><input type="checkbox"/> Base</p> <p><input type="checkbox"/> Repetidora</p> <p><input type="checkbox"/> Costera</p> <p><input type="checkbox"/> Aeronáutica</p> <p><input type="checkbox"/> Otras</p>	<p>Situación: Poligono 12 Parcela 146-281 (calle, plaza o lugar geográfico)</p> <p>Población: Gandia Término Municipal: Gandia Provincia: Valencia</p> <p>Coordenadas geográficas: 38 / 57 / 18 N 00 / 9 / 9 E/W W (grados, minutos, segundos)</p> <p>Cota terreno s/nivel del mar (m): 19</p> <p>Altura antena sobre terreno (m): 8</p>	<p>Tipo de antena: Omnidireccional <input type="checkbox"/></p> <p>Directiva <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Ganancia (Gd en dBd): 9 Acimut máxima radiación: 194 Abertura del Haz (puntos a -3dB): 60°</p> <p>Potencia radiada aparente (W): 2</p> <p>Radio de cobertura, o, para enlaces punto a punto o punto a multipunto, máxima distancia emisor - receptor (km): 2,31</p>
<p><b>C</b> <input type="checkbox"/> (*)</p> <p><input type="checkbox"/> Fija</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Base</p> <p><input type="checkbox"/> Repetidora</p> <p><input type="checkbox"/> Costera</p> <p><input type="checkbox"/> Aeronáutica</p> <p><input type="checkbox"/> Otras</p>	<p>Situación: Poligono 4 Parcela 3 (calle, plaza o lugar geográfico)</p> <p>Población: Alqueria de la Condesa Término Municipal: Alqueria de la Condesa Provincia: Valencia</p> <p>Coordenadas geográficas: 38 / 56 / 2 N 00 / 9 / 22 E/W W (grados, minutos, segundos)</p> <p>Cota terreno s/nivel del mar (m): 18</p> <p>Altura antena sobre terreno (m): 9</p>	<p>Tipo de antena: Omnidireccional <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Directiva <input type="checkbox"/></p> <p>Ganancia (Gd en dBd): Acimut máxima radiación: Abertura del Haz (puntos a -3dB):</p> <p>Potencia radiada aparente (W): 0,5</p> <p>Radio de cobertura, o, para enlaces punto a punto o punto a multipunto, máxima distancia emisor - receptor (km): 3,49</p>

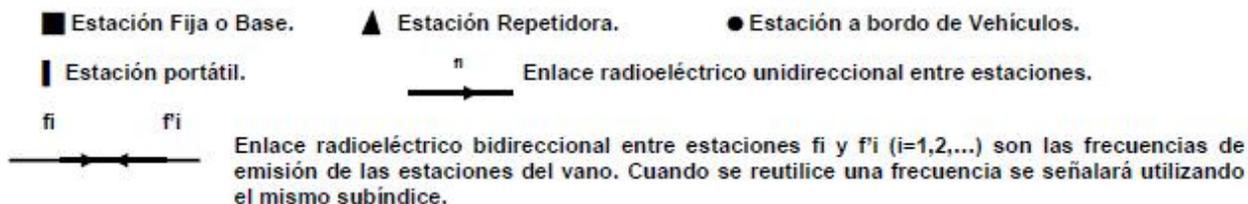
(\*) Indicar I, M ó A, según se trate de estaciones correspondientes a la red inicial, modificada o ampliada.

4. Características de las estaciones cuyo emplazamiento es fijo. Indíquese con una X el recuadro que corresponda. Las coordenadas geográficas se expresarán en Datum ED50, indicando en su defecto el Datum utilizado

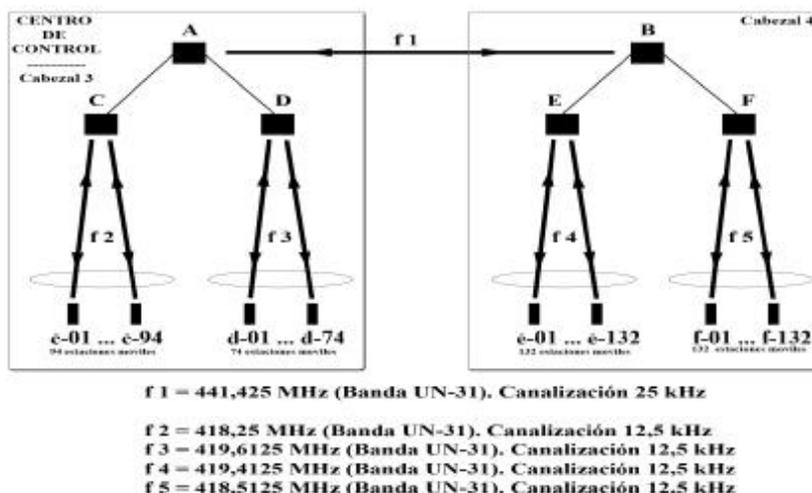
TIPO DE ESTACIÓN	DATOS UBICACIÓN	DATOS INSTALACIÓN
<p><b>D</b> <input type="checkbox"/> (*)</p> <p><input type="checkbox"/> Fija</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Base</p> <p><input type="checkbox"/> Repetidora</p> <p><input type="checkbox"/> Costera</p> <p><input type="checkbox"/> Aeronáutica</p> <p><input type="checkbox"/> Otras</p>	<p>Situación: Poligono 4 Parcela 3 (calle, plaza o lugar geográfico)</p> <p>Población: Alqueria de la Condesa Término Municipal: Alqueria de la Condesa Provincia: Valencia</p> <p>Coordenadas geográficas: 38 / 56 / 2 N 00 / 9 / 22 <input type="checkbox"/> W EW (grados, minutos, segundos)</p> <p>Cota terreno s/nivel del mar (m): 18</p> <p>Altura antena sobre terreno (m): 9</p>	<p>Tipo de antena: Omnidireccional <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Directiva <input type="checkbox"/></p> <p>Ganancia (Gd en dBd): .....</p> <p>Acimut máxima radiación: .....</p> <p>Abertura del Haz (puntos a -3dB): .....</p> <p>Potencia radiada aparente (W): 0,5</p> <p>Radio de cobertura, o, para enlaces punto a punto o punto a multipunto, máxima distancia emisor - receptor (km): 3,49</p>
<p><b>E</b> <input type="checkbox"/> (*)</p> <p><input type="checkbox"/> Fija</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Base</p> <p><input type="checkbox"/> Repetidora</p> <p><input type="checkbox"/> Costera</p> <p><input type="checkbox"/> Aeronáutica</p> <p><input type="checkbox"/> Otras</p>	<p>Situación: Poligono 12 Parcelas 146 - 281 (calle, plaza o lugar geográfico)</p> <p>Población: Gandia Término Municipal: Gandia Provincia: Valencia</p> <p>Coordenadas geográficas: 38 / 57 / 18 N 0 / 9 / 9 <input type="checkbox"/> W EW (grados, minutos, segundos)</p> <p>Cota terreno s/nivel del mar (m): 19</p> <p>Altura antena sobre terreno (m): 9</p>	<p>Tipo de antena: Omnidireccional <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Directiva <input type="checkbox"/></p> <p>Ganancia (Gd en dBd): .....</p> <p>Acimut máxima radiación: .....</p> <p>Abertura del Haz (puntos a -3dB): .....</p> <p>Potencia radiada aparente (W): 0,5</p> <p>Radio de cobertura, o, para enlaces punto a punto o punto a multipunto, máxima distancia emisor - receptor (km) : 2,86</p>
<p><b>F</b> <input type="checkbox"/> (*)</p> <p><input type="checkbox"/> Fija</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Base</p> <p><input type="checkbox"/> Repetidora</p> <p><input type="checkbox"/> Costera</p> <p><input type="checkbox"/> Aeronáutica</p> <p><input type="checkbox"/> Otras</p>	<p>Situación: Poligono 12 Parcelas 146 - 281 (calle, plaza o lugar geográfico)</p> <p>Población: Gandia Término Municipal: Gandia Provincia: Valencia</p> <p>Coordenadas geográficas: 38 / 57 / 18 N 0 / 9 / 9 <input type="checkbox"/> W EW (grados, minutos, segundos)</p> <p>Cota terreno s/nivel del mar (m): 19</p> <p>Altura antena sobre terreno (m): 9</p>	<p>Tipo de antena: Omnidireccional <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Directiva <input type="checkbox"/></p> <p>Ganancia (Gd en dBd): .....</p> <p>Acimut máxima radiación: .....</p> <p>Abertura del Haz (puntos a -3dB): .....</p> <p>Potencia radiada aparente (W): 0,5</p> <p>Radio de cobertura, o, para enlaces punto a punto o punto a multipunto, máxima distancia emisor - receptor (km) : 2,86</p>

(\*) Indicar I, M ó A, según se trate de estaciones correspondientes a la red inicial, modificada o ampliada.

5. Estructura general de la red, indicando las diferentes estaciones y los enlaces entre ellas, utilizando los símbolos siguientes:



Dibújese el esquema completo de la red identificando cada estación por la letra asignada en el apartado 4 de esta propuesta e indicando claramente, en su caso, la parte que se amplía o modifica.



6. Superficie de la zona de servicio:

4	6	,	9	1	km <sup>2</sup>
---	---	---	---	---	-----------------

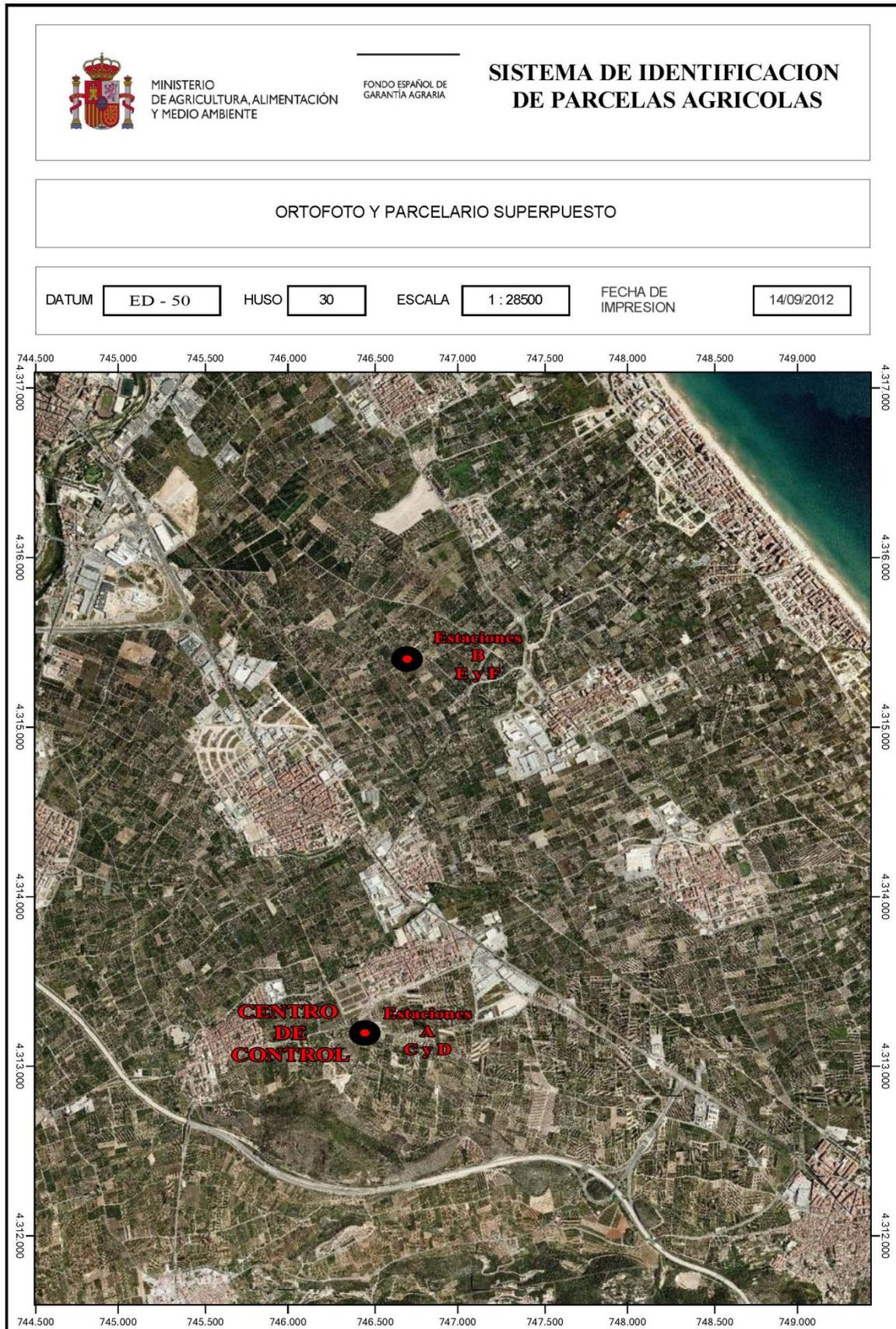
7. En el caso de redes del Servicio Móvil, indicar el valor de campo mediano necesario utilizado para el cálculo de la cobertura de la red (para el 90% de los emplazamientos y el 90% del tiempo):  dB $\mu$ V/m.

8. Adjuntar plano topográfico de escala 1:200.000 o valor adecuado, que disponga de indicación marginal de coordenadas geográficas, preferentemente en Datum ED50 (indicando en caso contrario el Datum utilizado) y sobre el que señalarán los emplazamientos de las estaciones fijas y para el caso de Servicios Móviles el contorno de la zona de servicio.

9. Datos identificativos del técnico competente autor de la propuesta técnica:

Nombre: Eduardo Sorita Calatayud  
 Titulación: Ingeniero de Telecomunicación  
 Teléfono de contacto: 964522501  
 Dirección de correo electrónico: esorita@innobo.es

(sello y firma)





## 6. Funcionalidades del Software del Centro de Control

El software del Centro de Control está constituido por un paquete de programas especialmente diseñado para las comunidades de regantes. Este software se encuentra desarrollado en su totalidad por Electronobo S.L. y programado en “Visual Basic.net”.

El software se divide en dos bloques principales: SCADA y Control de hidrantes:

- SCADA: Mediante un driver de comunicaciones de tipo ModBus RTU es capaz de visualizar y manejar todas las variables del sistema, dotando al usuario de un entorno gráfico amigable, sencillo e intuitivo sin necesidad de conocer los fundamentos del programa completo en sí mismo.
- CONTROL DE HIDRANTES: Es la parte del software que interactúa con las unidades remotas, obteniendo toda la información de estas y confeccionando los programas horarios de riego de las mismas.

El SCADA se confeccionará con los elementos instalados en el sistema, así como con fotografías aéreas y otras de tipo 3D para un fácil manejo, visual y muy intuitivo.

Por otro lado, el Software de control de hidrantes es genérico y fácil de utilizar y configurar.

Pasemos a ver las distintas pantallas que conforman todo el software de control del riego.

## 6.1. ESTRUCTURA DE ARCHIVOS DEL PROGRAMA DE GESTION DE RIEGO: SCADA Y CONTROL DE HIDRANTES.

Lo primero que vamos a mostrar es la pantalla que tendremos en el PC de control al desplegar el directorio en el que se encuentre nuestro software instalado:

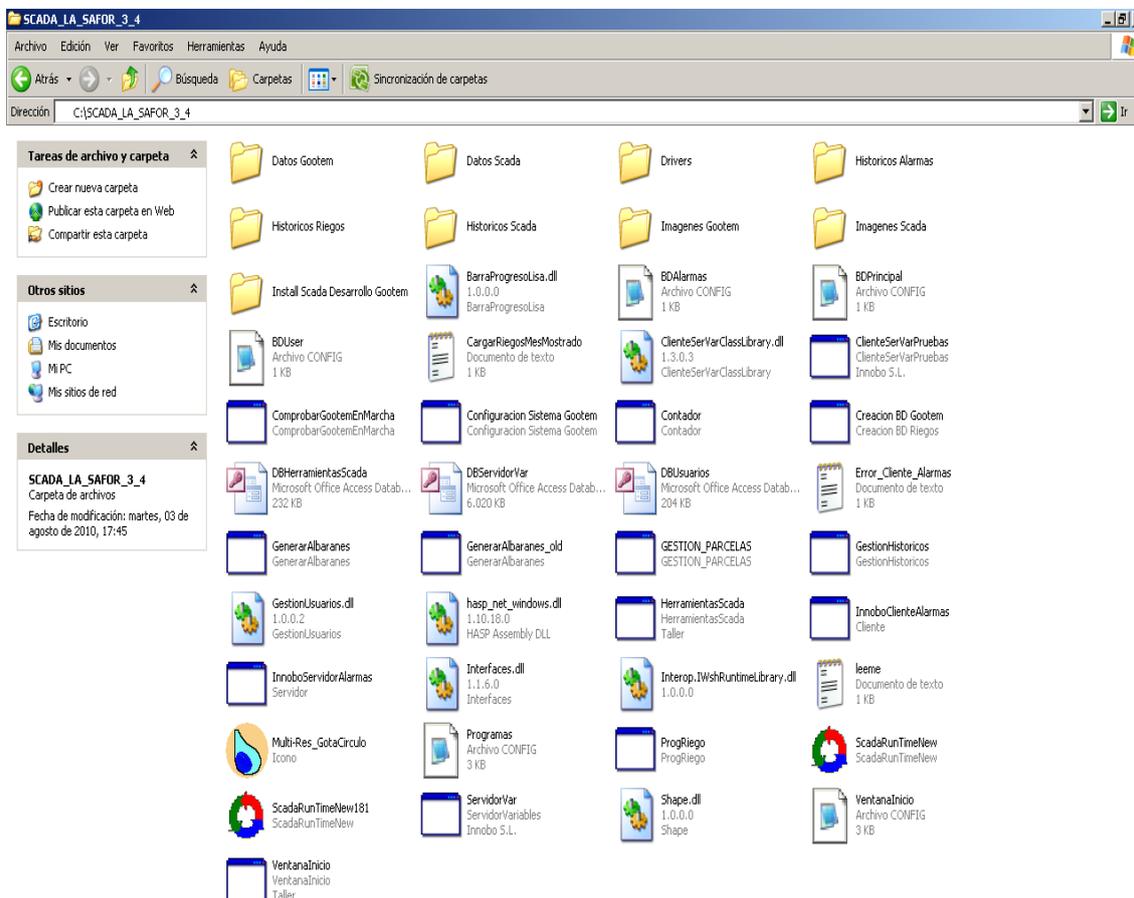


Ilustración 48: Carpeta SCADA

Como podemos observar, el contenido de nuestro directorio raíz está formado por:

- Carpetas de archivos
- Aplicaciones (ejecutables)
- Archivos de configuración
- Archivos .dll o librerías
- Bases de datos o archivos Acces
- Etc.

Como detallar minuciosamente todo el contenido sería bastante largo, a la par que no aportaría información de interés para el lector de éste PFC, tan solo describiremos brevemente la información que aquí encontramos para dar una visión global de la estructura de nuestro software.

## CARPETAS DE ARCHIVOS:

Las carpetas DATOS GOOTEM y DATOS SCADA contienen archivos en forma de base de datos de tipo Access con los valores de todos los parámetros a manejar por nuestro programa, como por ejemplo: alarmas, pantalla de arranque, familias de alarmas, zonas, parámetros de configuración, usuarios, permisos, propiedades gráficas y un larguísimo etcétera.

Las carpetas HISTÓRICOS ALARMAS, HISTORICOS RIEGOS, HISTORICOS SCADA, contienen, como su nombre nos permite intuir, históricos de estos tres grupos, ya sea mediante archivos \*.alm, \*.mdb o \*.dat, respectivamente, y normalmente guardados por meses.

La carpeta DRIVERS es posiblemente la más importante de todas, ya que contiene tanto el ejecutable del driver de comunicaciones entre el PC y los distintos dispositivos (concentradores, unidades remotas, PLC's o autómatas, etc.), como la base de datos de dicho driver y 2 librerías para su correcta ejecución.

Las carpetas IMÁGENES GOOTEM e IMÁGENES SCADA, evidentemente contienen las imágenes que dan a nuestro software la apariencia gráfica adecuada para que el usuario lo maneje fácilmente. Mediante las IMAGENES GOOTEM y a través de las distintas bases de datos que tenemos daremos, por ejemplo, la apariencia gráfica del interior de un hidrante con todos sus contadores, solenoides, etc. Y en la carpeta IMÁGENES SCADA tendremos todas las pantallas que conformarán nuestro programa, y ellas serán el objeto de estudio del apartado siguiente del PFC.

La carpeta INSTALL SCADA DESARROLLO contiene el software a través del cual el programador del proyecto, mediante la identificación con una llave de tipo USB y los passwords oportunos, podrá diseñar o variar cualquier contenido del SCADA. Para ello nos valdremos del ejecutable ScadaRunTimeNew.

## APLICACIONES:

Los archivos .exe o ejecutables que aquí observamos son:

**ClienteSerVarPruebas:** aplicación que nos permite consultar y modificar el estado de las distintas variables del Driver de comunicaciones.

**ComprobarGootemEnMarcha:** aplicación que rearranca los procesos del SCADA en caso de que se supere un time-out con dicho proceso apagado estando en marcha los demás. Si se reinicia el PC ella se ejecuta al principio y rearrancará todo el sistema.

**ConfiguraciónSistemaGootem, Contador y CreaciónBDGootem,** son subprogramas que se ejecutan para iniciar todo el sistema según los valores de las distintas bases de datos contenidas en el directorio y así dar la apariencia gráfica correcta a nuestro software.

**GenerarAlbaranes, GESTION\_PARCELAS y GestionHistoricos** son subprogramas que se ejecutan a petición del cliente mediante un clic en la pantalla

principal como ya veremos más adelante, para gestionar la información requerida de parcelas, históricos y albaranes.

**HerramientasScada** no es más que un programa que esta siempre ejecutándose y que se creó para facilitar el intercambio de valores de variables entre dispositivos (por ejemplo para pasar la presión del cabezal 3 a una posición de memoria del PLC del cabezal 4 y que este pueda realizar la operación que desee y así tomar decisiones en función de valores de otro PLC remoto). Para ello hace uso de la información introducida en la Base de datos DBHerramientasScada.

**InnoboClienteAlarmas, InnoboServidorAlarmas** son evidentemente el Servidor y el cliente de alarmas de nuestro software que gestiona los eventos que se producen al darse las condiciones de alarma programadas en ciertas bases de datos de nuestro directorio.

**ProgRiego** es, sin duda, la aplicación más importante de todas y se encarga de la gestión correcta de todos los procesos que repercuten en la apertura de válvulas de hidrantes, contadores de caudal, etc.

#### ARCHIVOS DE CONFIGURACION:

Los archivos de configuración son:

**BDAalarmas, BDPrincipal y BDUser** que contienen un código con las rutas de las tres bases de datos respectivamente y con sus parámetros de acceso.

**Programas:** contiene valores como: IP y puerto del servidor de variables, del cliente, del servidor de alarmas, así como rutas y parámetros de configuración de los distintos subprogramas que ejecuta el SCADA

**VentanaInicio** es el archivo en el que se encuentran todos los parámetros necesarios para el inicio del Programa global, como rutas a seguir, tiempos de inicio y de espera, ruta de arranque del Driver de comunicaciones, etc. Es sin duda el archivo de configuración más importante del grupo.

#### ARCHIVOS \*.dll o librerías:

Las librerías de enlace dinámico dll son archivos que contienen funciones y/o recursos (mapas de bits, definiciones de fuentes, etc.) que podrán ser llamados desde cualquiera de nuestras aplicaciones. Estas librerías de enlace dinámico con extensión DLL se cargan porque el programa que las ha de utilizar lo pide a Windows.

El conjunto de librerías contenidas en el directorio raíz son:

BarraProgresoLisa.dll  
ClienteSerVarClassLibrary.dll  
GestionUsuarios.dll  
Hasp\_net\_windows.dll  
Interfaces.dll  
Interop.IWshRuntimeLibrary.dll  
Shape.dll

### BASES DE DATOS O ARCHIVOS ACCESS

Existen tres bases de datos de tipo Access en nuestro proyecto que son:

- DBHerramientasScada, la cual contiene tres tablas:
  1. ASIGNAR\_VALOR: descrita anteriormente para intercambio de variables entre dispositivos.
  2. CONFIGURACIÓN, con los valores de.
    - IP y PUERTO tanto del Cliente como del Servidor de Variables.
    - Nombre de Cliente en Servidor de Variables.
    - Variable para el cierre del programa cuando su valor esté a 1.
    - Variable para visualizar el formulario principal cuando su valor esté a 1.
    - Variable para visualizar el formulario del temporizador cuando su valor esté a 1
  3. HORARIO: Se pondrá a 1 la variable que introduzcamos en esta tabla mediante un sencillo programador horario, es decir, cuando se cumpla el horario el valor será 1 y cuando no se cumpla el valor será 0.

## 6.2. SCADA: SOFTWARE DE CONTROL DE LOS CABEZALES DESDE EL PC.

Dado que el PC ubicado en el Centro de Control (Cabezal 3) es para un uso exclusivo del programa de gestión del riego, se implementa nuestro software de modo que al arrancar el PC se produzca también un arranque instantáneo de la aplicación Gootem para la gestión del riego. En el caso de que se produzca un fallo de tensión eléctrica en el cabezal, como ya sabemos entrarían en funcionamiento las baterías del SAI instalado, el cual es capaz (y está programado para tal ejecución) de hacer un apagado del ordenador en el caso de que el corte de suministro eléctrico sea tan prolongado que agote también las baterías de dicho SAI. Cuando se restableciese la tensión eléctrica el SAI es capaz de rearrancar el PC, arrancándose por tanto la aplicación de control de riego. Pero si aún así el usuario decide apagar la aplicación y después quiere volver a arrancarla, no tendría más que darle al siguiente icono que encontrará en la pantalla de inicio del PC:



**Ilustración 49: Icono Software Riego**

En cualquier caso, se producirá el arranque del software visualizándose la siguiente imagen hasta completar la barra de carga:



**Ilustración 50: Pantalla de carga de programa**

Durante el proceso de carga de esta pantalla se producirá el arranque de todas las aplicaciones necesarias para que discurra con normalidad nuestro programa de gestión del riego (en el dibujo se muestra “Cargando: Servidor de Variables”). Una vez finalizado el proceso de arranque del software nos quedaremos en la que denominamos PANTALLA PRINCIPAL, que es desde donde partiremos siempre para acceder a cualquier acción:



Ilustración 51: Pantalla Principal

Claramente diferenciamos tres zonas en la pantalla:

- Menú: con sus respectivas ventanas de acceso. Para acceder a cada una bastará con “clickar” sobre ellas cuando cambie de apariencia el cursor (pasa de ser una flecha a ser una mano).  
En esta zona encontramos también 2 pequeñas ventanas informativas: hora y fecha.
- Alarmas de sistema:
  - con acceso a los distintos eventos de alarma, incluyendo la configuración del módem GPRS: aviso a teléfono móvil mediante sms.
  - configuración de los márgenes de caudal que disparan las distintos tipos de alarmas de los contadores.
- tipo de usuario: básicamente “no configuración” o “configuración”, destacando que tras cada arranque el sistema entra por defecto en el usuario de “no

configuración”, por razones obvias de seguridad. Tras pulsar el botón “CAMBIAR USUARIO” nos aparece la siguiente ventana, en la cual para entrar en modo configuración y así disponer de todos los permisos para visualización y modificación existentes hemos definido el Usuario: Innobo y la Contraseña la dejaremos en blanco (evidentemente este usuario y contraseña se define a gusto del cliente final, y en este caso el elegido fue este por la parte de nuestra empresa destinada al desarrollo del software, llamada INNOBO S.L. y perteneciente a ELECTRONOBO S.L.).



Ilustración 52: Usuario y Contraseña

Por último, destacar que en la pantalla principal encontramos también el botón “Salir”: para salir del programa, tras una segunda petición de confirmación típica de si está o no seguro definitivamente, para evitar “accidentes” involuntarios.

### 6.2.1. MENU:

En primer lugar tenemos los botones “MAPA 3” y “MAPA 4” correspondientes a las zonas hidráulicas del Cabezal 3 y del 4 respectivamente:

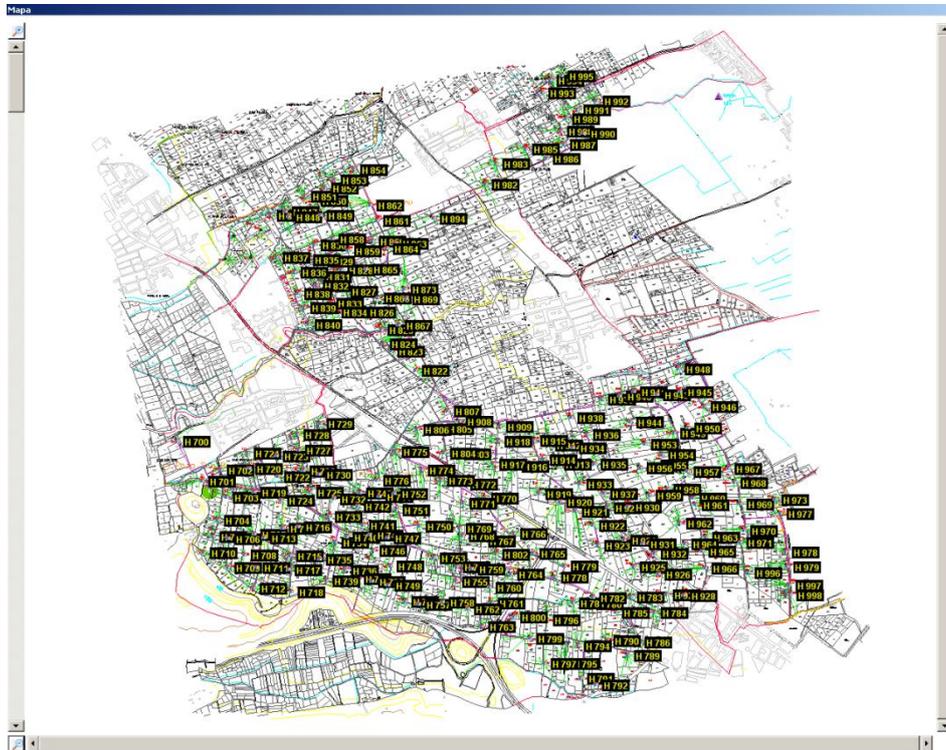


Ilustración 53: Mapa de la red hidráulica del Cabezal 3

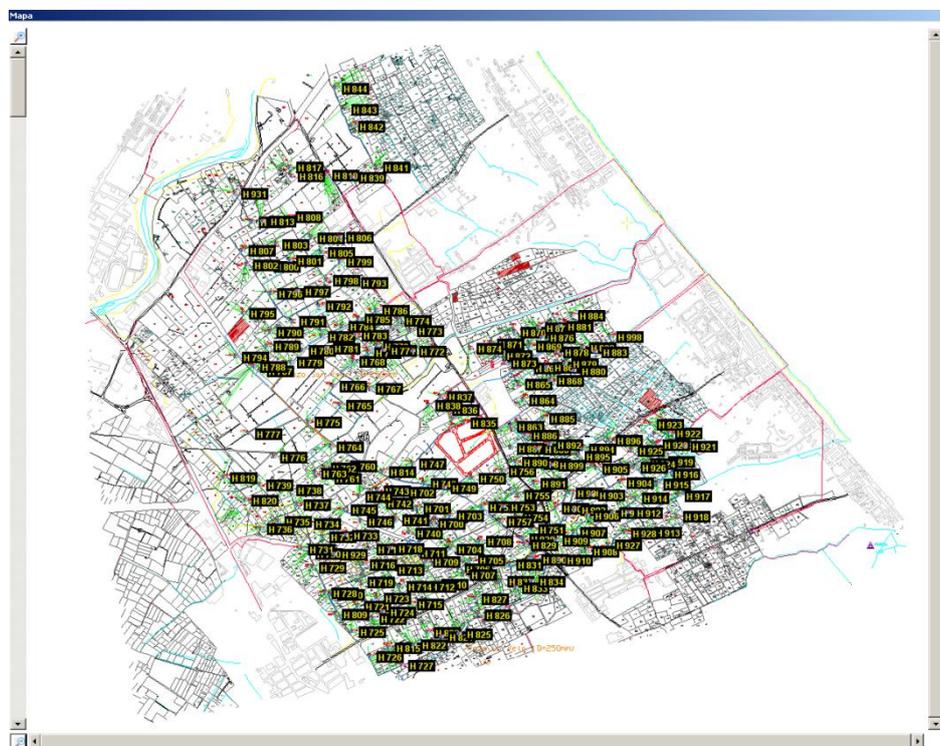
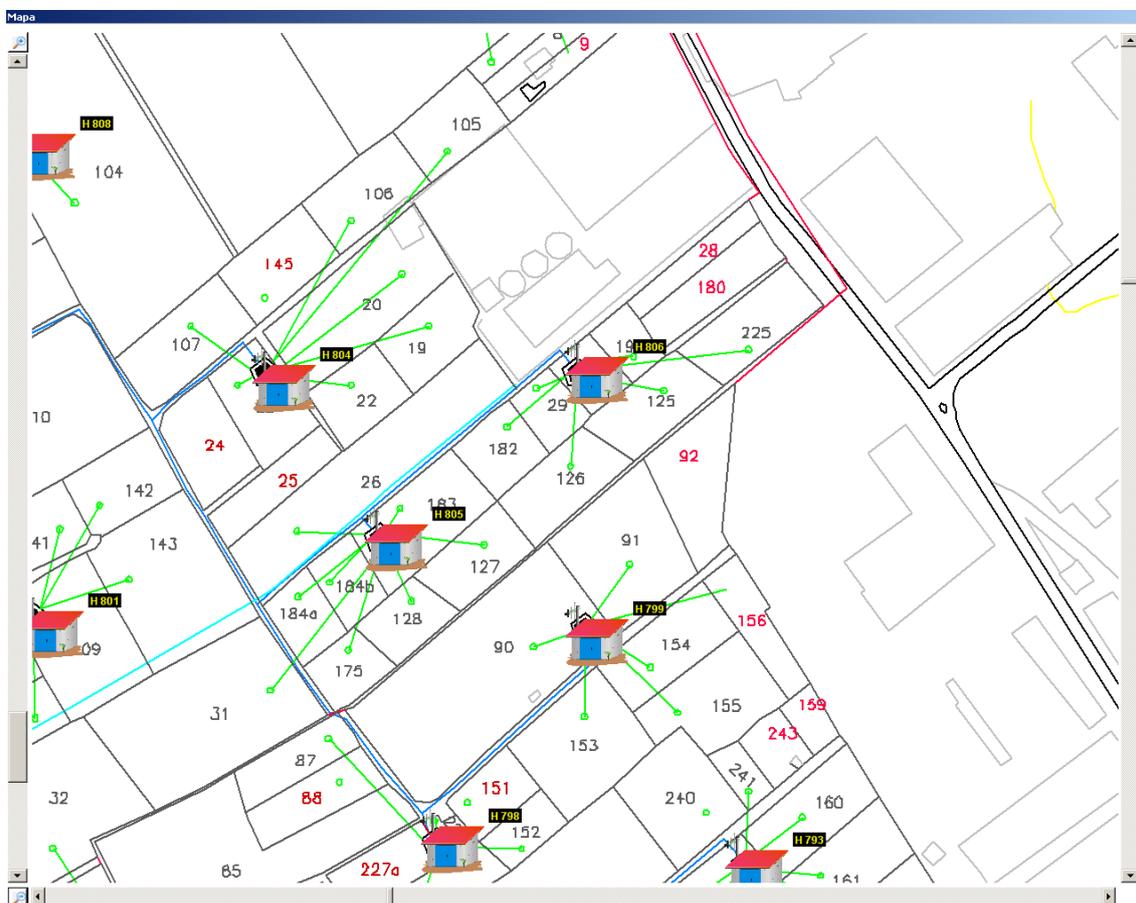


Ilustración 54: Mapa de la red hidráulica del Cabezal 4

Una vez nos hemos introducido en cualquiera de las pantallas, se puede realizar un aumento sobre la misma con la opción zoom (botón barra vertical izquierda) y desplazarse por el plano (botón barra horizontal y botón barra vertical derecha), quedando la imagen más o menos así:



**Ilustración 55: Zoom sobre la pantalla del MAPA 4**



Los dibujos de las casetas , representan los hidrantes, los cuales están numerados con respecto al proyecto (en color amarillo). Si *pinchamos* sobre ellas, aparece la estructura interna del hidrante (pantalla “hidrante” que veremos en el punto siguiente)

En el plano se distinguen las distintas parcelas numeradas y dentro de ellas los contadores con un símbolo circular. Toda esta información también se encuentra detallada en el punto siguiente.

Seguidamente, en nuestra pantalla principal encontramos los botones “CABEZAL 3” y “CABEZAL 4”, que nos llevan a dos pantallas idénticas en apariencia, cada una correspondiente a un cabezal:



Ilustración 56: PANTALLA “CABEZAL 3”

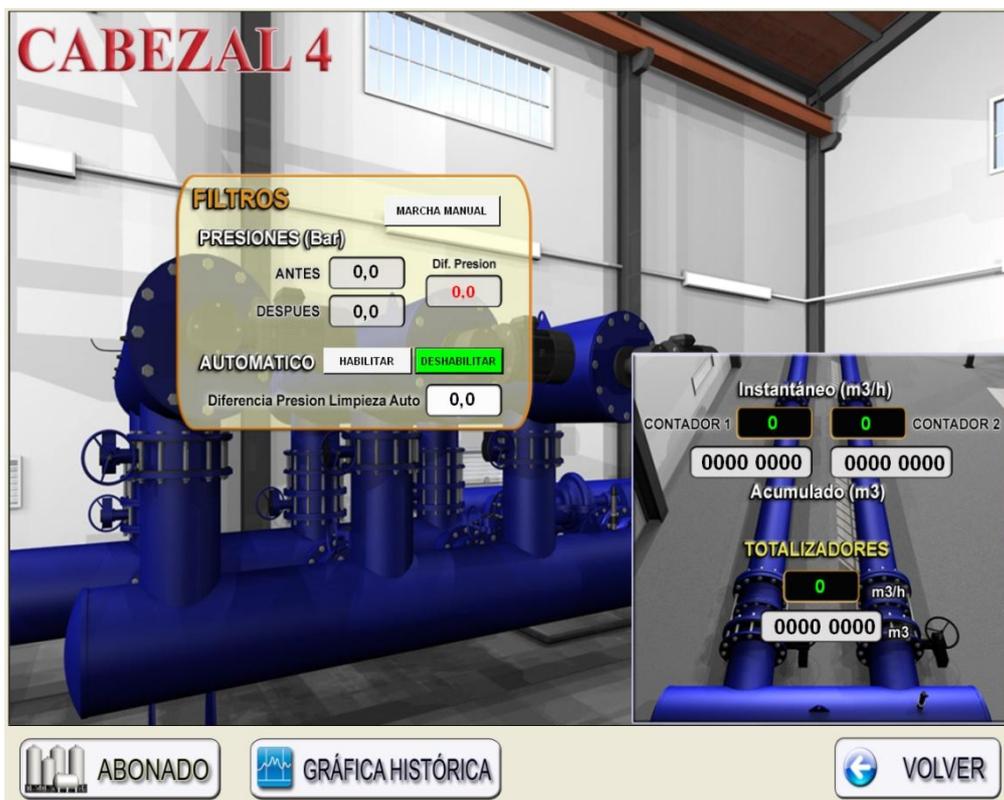


Ilustración 57: PANTALLA “CABEZAL 4”

En estas pantallas encontramos 2 zonas:

- una correspondiente a los filtros: en ella visualizamos la presión antes y después de filtros, así como la diferencia entre ellas (que indicaría el nivel de suciedad existente en ellos). Además tenemos un botón que acciona la marcha manual de los filtros provocando una secuencia de limpieza instantánea. Por otra parte, tenemos el modo de funcionamiento automático del filtrado que se puede dejar habilitado o deshabilitado, programándole un nivel de diferencia de presión a partir del cual se efectuaría una limpieza automáticamente.
- Otra zona correspondiente a los contadores de red: a la salida de los filtros, la red hidráulica se divide en dos ramales que se vuelven a juntar a la salida del cabezal. En cada ramal hidráulico se ha instalado un contador de pulsos de caudal, el cual nos proporciona un pulso por cada metro cúbico que circule por el ramal y a través de unos sencillos cálculos en el autómata conseguiremos visualizar, en color verde, el caudal instantáneo (en m<sup>3</sup>/h). Con ello incrementaremos también un acumulador de m<sup>3</sup> y mediante unas sencillas sumas en el autómata visualizaremos tanto el caudal instantáneo de red, como el acumulado global por ambos contadores, y por tanto el consumido por la red hidráulica.

En estas pantallas encontramos también tres botones:

-  Al clicar sobre él nos llevará a la pantalla de ABONADO que veremos a continuación.
-  Al clicar sobre él nos llevará a la pantalla GRAFICA HISTORICA que también veremos a continuación.
-  que nos devuelve a la PANTALLA PRINCIPAL.

La pantalla ABONADO del CABEZAL 3 tiene la siguiente apariencia (al igual que pasa con las pantallas “CABEZAL 3” y “CABEZAL 4”, que son idénticas, también ocurre con las de ABONADO en el CABEZAL 3 y 4, accediendo a cada una de ellas desde la pantalla de su cabezal correspondiente:

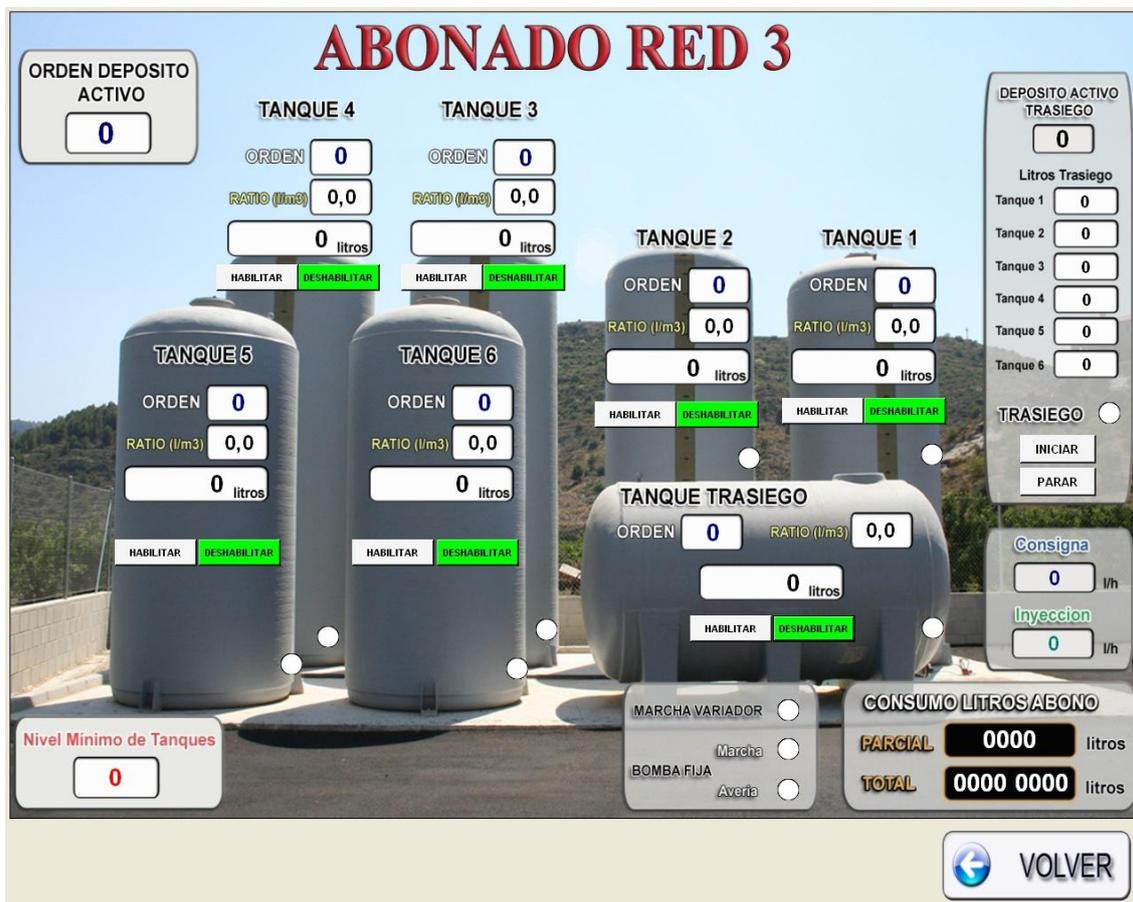


Ilustración 58: Pantalla Abonado Red 3

Como podemos observar esta es una pantalla muy cargada de información, aunque para entenderla primero conviene explicar el funcionamiento del abonado. Existen 6 tanques de abono, 4 grandes y 2 pequeños, todos numerados como TANQUE “x” siendo x un identificador fijo del 1 al 6. Además existe un séptimo tanque llamado “TANQUE DE TRASIEGO”. Con todo ello el abonado puede funcionar de dos formas:

- **Directamente:** se le introduce un orden de prioridad a cada tanque que indicará el turno en el que le toque entrar en funcionamiento. Se le introduce un ratio a cada tanque (que no es más que la cantidad de litros de abono que se inyectará en la red por cada metro cubico de agua que esta consuma). Por último se introduce la cantidad de litros restantes existentes en el tanque (que la obtendremos mirando la franja lateral cubicada en cada uno para dicho efecto y que se irá actualizando según se vayan extrayendo litros del tanque). El autómatas almacenará todos estos datos y cuando tenga programado que debe entrar en funcionamiento el abonado ira a buscar el tanque que tenga el orden menor, si tiene un número de litros restantes superior al “Nivel Mínimo de Tanques” introducido en la pantalla (en color rojo), se abrirá la electroválvula de salida de dicho tanque y se pondrá a inyectar mediante el variador de abonado (indicándolo mediante el piloto de “MARCHA VARIADOR”) de forma

adecuada para que la inyección se corresponda con el Ratio de dicho tanque. En el caso de que tenga una cantidad de litros restantes menor que la introducida en la casilla “Nivel Mínimo de Tanques”, o de que se haya estado inyectando de dicho tanque hasta alcanzar este nivel mínimo, el autómata buscará el tanque con el orden siguiente, cerrará la electroválvula del tanque que estaba siendo usado y abrirá la del siguiente, repitiendo el proceso hasta el final del turno de abonado o hasta que se alcancen en todos los tanques que estén HABILITADOS el “Nivel Mínimo de Tanques”, finalizando entonces el proceso.

- Trasegando o haciendo una mezcla de compuestos de los distintos tanques que se almacenará en el tanque de trasiego para su posterior inyección en red: existe una zona en la pantalla destinada al trasiego, en ella tenemos:
  - DEPOSITO ACTIVO TRASIEGO: lógicamente indica el depósito “x” desde el que se están volcando litros en el depósito de trasiego.
  - Litros Trasiego del Tanque 1 al 6: indica la cantidad a volcar de cada tanque en el de trasiego, lo cual equivale a las proporciones de compuestos de cada tanque que contendrá la mezcla final.
  - Piloto TRASIEGO: en color verde cuando se esté realizando el trasiego, o en blanco cuando no se esté realizando.
  - Botones INICIAR o PARAR: para iniciar o parar el proceso de trasegado. Destacar que el inicio de este proceso es realizado manualmente por el operario encargado, sin posibilidad de programarlo para que se realice de forma automática según un horario, y esto es así por petición de la Comunidad de Regantes, para que se pueda vigilar este proceso que conlleva un cierto riesgo en el caso de que las mezclas no se realicen correctamente.

Por último vemos que en esta pantalla hay tres zonas más a destacar:

1. CONSIGNA – INYECCIÓN → La consigna es el valor teórico a inyectar, calculado en función del ratio correspondiente al tanque desde el que se está abonando, y en función del caudal instantáneo total de la red del cabezal. Es decir:

$$\text{Consigna (litros/hora)} = \text{Caudal Instantáneo (m}^3\text{/hora)} * \text{Ratio (litros abono/m}^3\text{)}$$

Y el visor denominado Inyección no es más que el valor real e instantáneo de abono que se está inyectando en ese momento a la red hidráulica mediante el Variador de abonado.

Evidentemente ambos valores, Consigna e Inyección deben ser lo más aproximados posible en todo momento, pues de lo contrario si la inyección es mayor que la consigna podemos dañar los cultivos por una alta concentración de abonado, o el caso opuesto, si la consigna es mayor que la inyección, nos estamos quedando por debajo de la dosis deseada de abono y con ello no conseguiremos el efecto buscado.

2. CONSUMO LITROS ABONO → con un visualizador parcial y uno total de litros de abono consumidos por la red. En ambos visualizadores se puede variar el valor (o resetearlo a cero) sin más que clicar sobre el grupo de 4 dígitos

correspondiente; con ello nos aparecerá una ventanita emergente en la que introduciremos el nuevo valor (o el valor 0 en caso de reinicio) y lo volcaremos dándole a un botón de Aceptar o Cancelar típico. Que es operaciones se realicen en agrupaciones de cuatro dígitos es por limitación matemática del PLC o autómatas del cabezal.

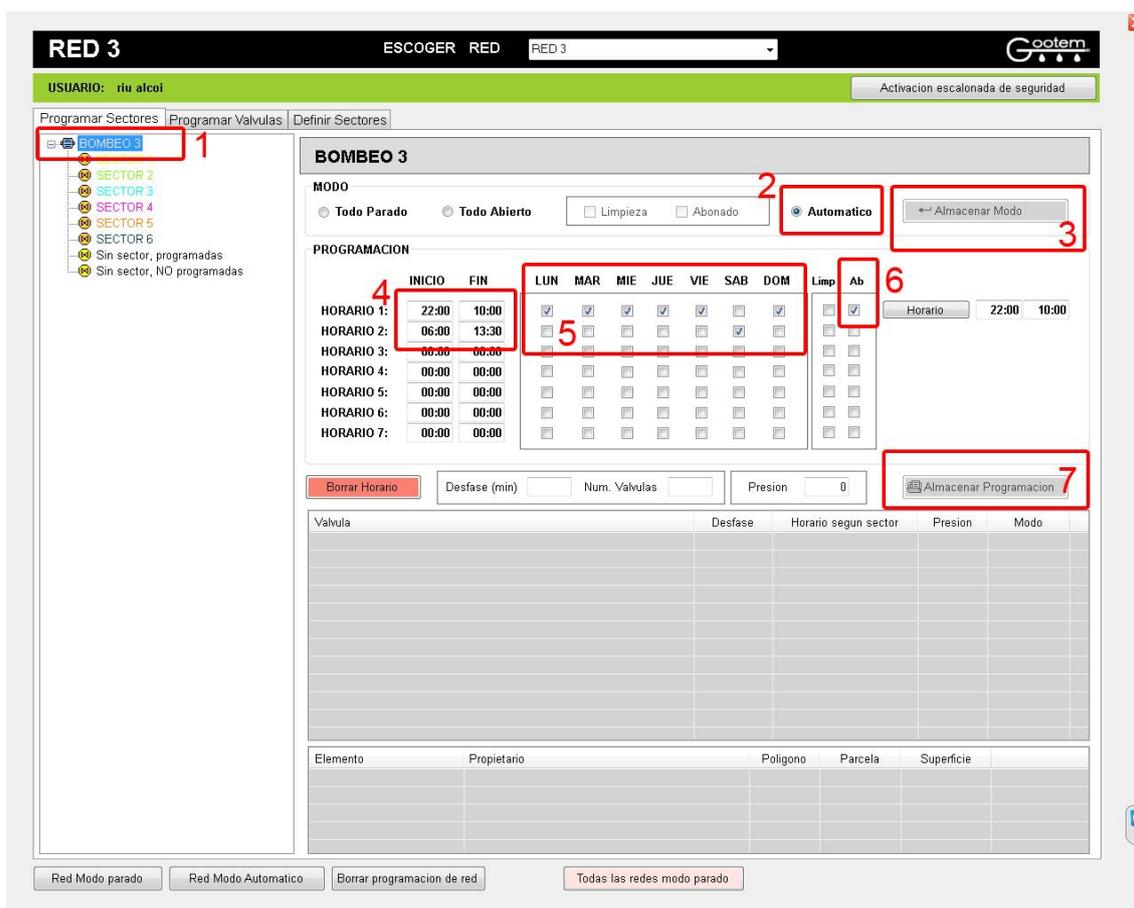
3. **VARIADOR – BOMBA FIJA** → el variador es, como ya hemos visto, el encargado de la inyección de abono en la red, y esto es así porque necesitamos adaptar la inyección de abono en cada momento dependiendo del caudal que esté circulando por la red, acción que no podría realizarse mediante una bomba de inyección fija y si con un variador (que adapta su frecuencia de funcionamiento y por tanto las revoluciones a las que inyecta su pistón mediante un proceso de cálculo llamado PID y realizado en el variador). Se muestran 3 pilotos o leds: **MARCHA VARIADOR, MARCHA BOMBA FIJA, AVERIA BOMBA FIJA.** La BOMBA FIJA es la utilizada en el proceso de trasiego, ya que en él no se requiere adaptar la velocidad de entrada de litros al tanque de trasiego, realizándose a una velocidad fija que es el resultado de la actuación de un contactor sobre una bomba de inyección.

En siguiente lugar encontramos dos botones del menú principal que veremos en apartados posteriores, que son: POZOS que nos llevará a la pantalla que veremos en el apartado 9.2. y el botón Hidrantes, que veremos en el apartado 6.3. Llegados a este punto vamos a ver la pantalla de programación, que nos permitirá tanto confeccionar la programación temporizada de los elementos del cabezal como de los hidrantes en campo.



Ilustración 59: Botón PROGRAMACIÓN

Al clicar en el botón de programación nos aparece la siguiente pantalla:



**Ilustración 60: Pantalla PROGRAMACIÓN**

Vamos a detallar la forma en la que se programa el sistema de bombeo hidráulico y la forma en la que funciona y se regula para alcanzar la presión de red deseada. En primer lugar hay que seleccionar en la pestaña “ESCOGER RED” ubicada en la parte superior de la pantalla, el sistema de bombeo RED 3 o RED 4, dependiendo del Cabezal que queramos programar. Seleccionada la opción RED 3, a la izquierda de la pantalla deberemos clicar sobre el texto BOMBEO 3, como se muestra en el rectángulo 1. Hecho esto se nos muestran las opciones de la derecha para el BOMBEO 3, es decir para las bombas de impulsión de la red hidráulica del cabezal 3. En primer lugar hay que seleccionar la opción AUTOMATICO, rectángulo 2, para que la orden de marcha del bombeo haga caso a la programación horaria, ya que la opción TODO PARADO como su nombre indica pararía el bombeo en todo caso y la opción TODO ABIERTO lo arrancaría hasta que cambiásemos el MODO. Para que se almacene el modo, es indispensable clicar en el botón ALMACENAR MODO, rectángulo 3, ya que si no se realiza esta acción al salir de la pantalla el modo volvería al último almacenado. Para continuar definimos tanto las horas en de marcha y paro del bombeo, rectángulo 4, como los días en los que funcionará en el horario anterior, rectángulo 5. En este caso la programación del sistema funcionará de lunes a viernes y los domingos desde las 22:00 hasta las 10:00 del día siguiente, y los sábados desde las 6:00 hasta las 13:30. En el rectángulo 6 vemos que se ha marcado la opción de abonado y que el horario de abonado es desde las 22:00 hasta las 10:00 solo para la opción que no incluía los sábados.

Por último, al igual que pasaba con el botón del rectángulo 3, en este caso toda esta programación horaria semanal no se almacenaría si no clicamos en el botón ALMACENAR PROGRAMACION, rectángulo 7.

Con estas opciones, lo que hacemos es conseguir activar una salida de nuestro en nuestro autómatas que hará las veces de marca de RUN en la secuencia multibomba configurada en el variador maestro del cabezal. Es decir, por poner un ejemplo, el lunes a las 22:00 horas, nuestro sistema activará el contacto de run del variador, este al tener programada una consigna de presión internamente, al igual que hemos descrito en el abonado, empezará la regulación PID, el variador irá incrementando su frecuencia de trabajo, hasta que si llegado a su máximo (50 Hz) durante un tiempo establecido, no se ha alcanzado la presión de red deseada, se dará marcha al primer arrancador, disminuyendo la frecuencia de trabajo del citado variador. Si pasado otro tiempo preestablecido con el arrancador funcionando, el variador consume su tiempo otra vez a frecuencia máxima sin alcanzar la presión de red, se dará marcha al segundo arrancador auxiliar. Como el sistema de bombeo dispone de dos arrancadores y un variador, este estará dimensionado para alcanzar la presión de red en un tiempo determinado, y nuestro autómatas irá testeando estas condiciones. Solo si pasado un tiempo considerado máximo con ambos arrancadores funcionando y con el variador a su frecuencia máxima, no se ha alcanzado la presión de red, nuestro sistema provocará un paro forzado de emergencia ya que supondremos que ha ocurrido una avería hidráulica o una fuga que impide el correcto aprovechamiento del agua. Al igual que la activación de los arrancadores se hace decelerando el variador, la desactivación de estos se hará a la inversa, es decir, acelerando el variador. Este modo de funcionamiento conocido como PID se verá con más detalle en el apartado correspondiente al control de la inyección de abono por parte del autómatas, apartado 7.1., el cual sí que lo implementaremos nosotros desde nuestro PLC y no como en el bombeo de red del que se encarga el propio variador sin control ninguno por nuestra parte.

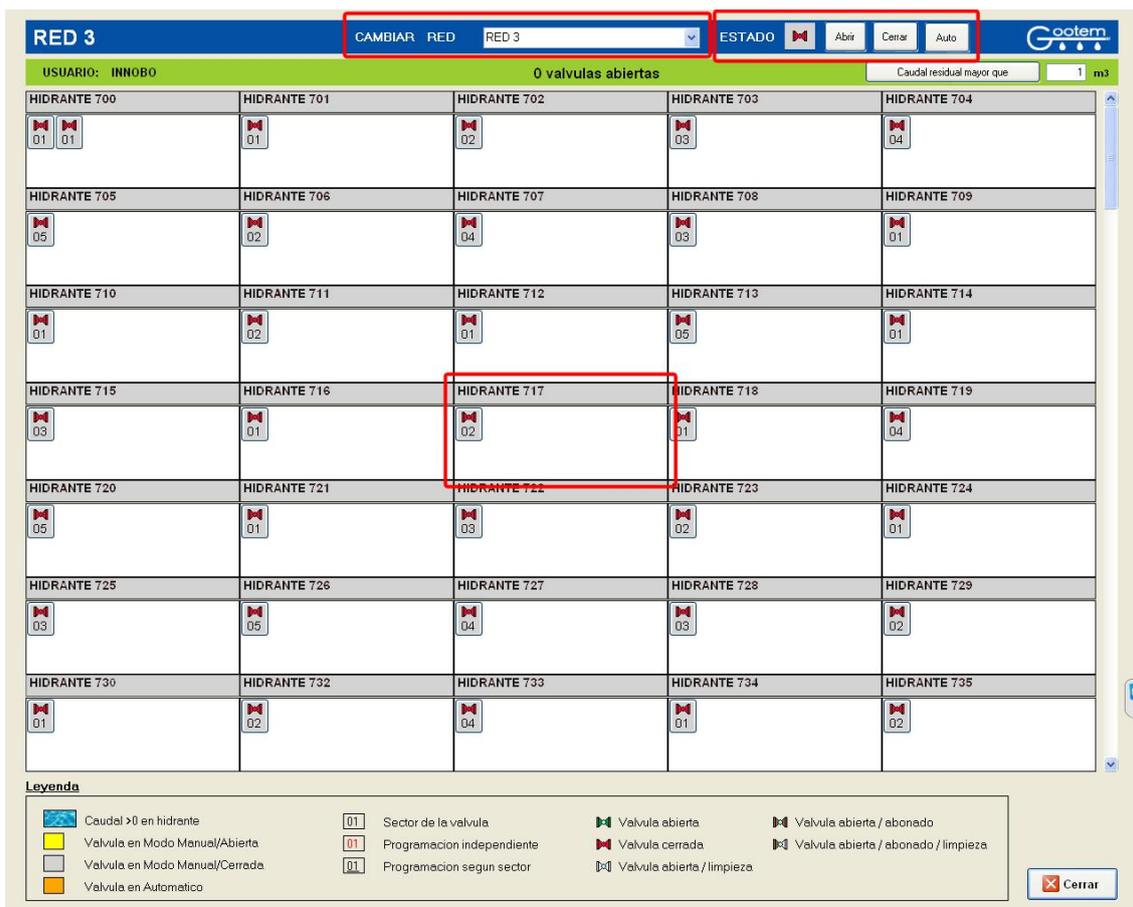
### 6.3. SOFTWARE DE CONTROL DE HIDRANTES.

Para acceder al control de los hidrantes tenemos, como ya sabemos, dos formas posibles:

La primera es mediante el mapa correspondiente clicando sobre el icono del hidrante deseado (visto en el apartado anterior) y la segunda, que es la que vamos a desarrollar en este punto, es mediante la siguiente cuadrícula (a la cual se accede mediante un “clic” en el botón “HIDRANTES” de la pantalla principal):



Ilustración 61: Botón HIDRANTES



**Ilustración 62: Pantalla HIDRANTES**

La pantalla Hidrantes nos da una visión general del estado de los hidrantes de una red determinada.

### Menú Cambiar Red



Mediante el desplegable situado en la cabecera de la pantalla, podemos escoger la red que deseamos visualizar, bien sea la del cabezal 3 o la del 4 (red A y B respectivamente).

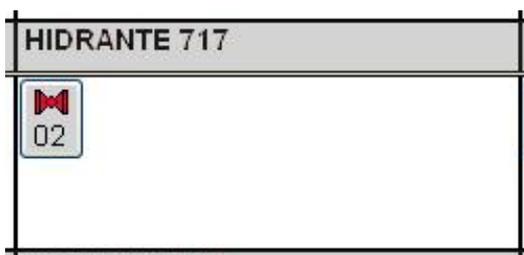
### Estado del cabezal de la red



Justo al lado del desplegable de la red, podemos ver el estado actual del cabezal. La imagen de la válvula muestra este estado mediante un código de colores descrito al pie de página. Mediante los botones situados a la derecha del indicador, podemos cambiar este estado con tres posibilidades:

- Abrir → envía la orden de arranque manual del sistema de bombeo del cabezal en el momento de clicar sobre él.
- Cerrar → envía la orden de paro manual del sistema de bombeo del cabezal en el momento de clicar sobre él.
- Auto → programa el funcionamiento del cabezal en modo Automático, es decir, siguiendo las pautas horarias establecidas en la pantalla de programación (que posteriormente describiremos)

## Hidrante



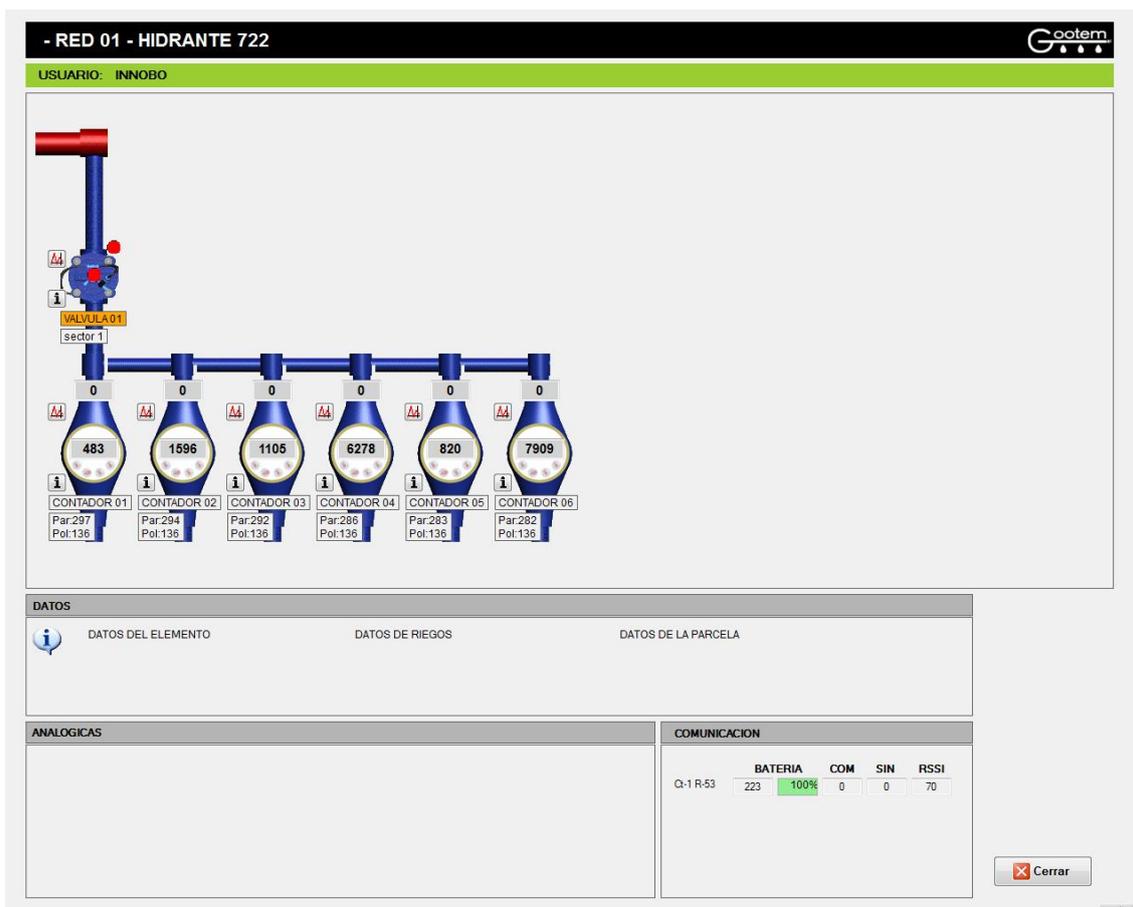
Cada una de las cajas situadas en el centro de la pantalla representa un hidrante de la red seleccionada. Dentro del hidrante se sitúan las válvulas, que siguen la misma pauta de colores que el cabezal para representar su estado.

El fondo de la caja es blanco si el caudal total que está pasando por ese Hidrante es cero, mientras que aparece con una textura de agua cuando ese caudal es distinto a cero.

## Válvula



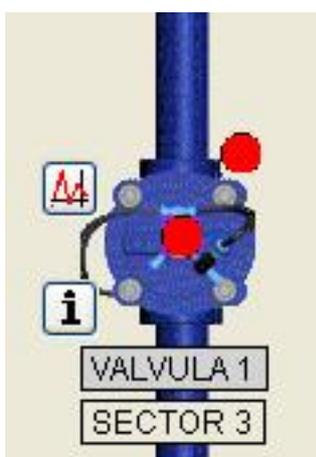
Pinchando en alguna de las válvulas, entraremos a ver con detalle el estado del Hidrante, como se muestra en la figura siguiente.



**Ilustración 63: Pantalla Hidrante concreto**

La pantalla Hidrante muestra toda la información acerca de un hidrante determinado. Además, nos permite realizar algunas acciones sobre las válvulas del hidrante.

### Válvula



**Ilustración 64: Válvula**

La parte de la imagen que representa a una válvula consta de varios elementos.

Primeramente, existen dos círculos de color, uno en la parte superior derecha, que muestra el modo actual de la válvula (amarillo para abierta en manual, naranja para

automática y gris para cerrada), y otro en medio de la válvula que muestra el estado actual de la válvula (rojo para cerrada, verde para abierta). Bajo la válvula hay situadas dos cajas de texto que informan acerca del nombre de la válvula y del sector al que pertenece.

A la izquierda hay dos botones. El marcado con un gráfico, nos lleva a la pantalla que muestra, entre otras cosas, información acerca de las aperturas y cierres de la válvula (histórico de riegos). El botón marcado con una “i” muestra, en la sección DATOS, información acerca de la válvula (programaciones, datos técnicos, etc....)

### Menú desplegable de válvula:

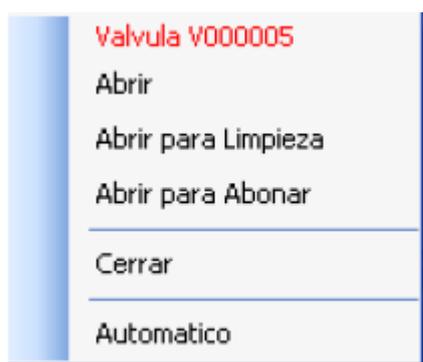


Ilustración 65: Menú desplegable de Válvula

Pinchando sobre la válvula con el botón derecho del ratón, desplegamos un menú mediante el cual podremos abrir y cerrar la válvula, o ponerla en automático.

También podremos indicar si la apertura es para riego normal, limpieza o si el riego va acompañado de abonado o no.

### Contador



Ilustración 66: Contador

La parte de la imagen que representa un contador consta también de varios elementos. La caja de texto al pie del contador nos muestra el nombre de este (totalmente configurable en la fase de su diseño por parte del creador del sistema).

Hay dos cajas de texto con información numérica. La caja superior nos informa del caudal instantáneo que está pasando por el contador. Además, si este caudal es mayor que cero, la caja de texto se colorea de verde, siendo gris en otro caso.

La caja de texto situada en el centro del contador nos muestra el valor del totalizador del contador.

A la izquierda hay dos botones. El marcado con un gráfico, nos lleva a la pantalla que muestra, entre otras cosas, información acerca de los riegos efectuados por el contador. El botón marcado con una “i” muestra en la sección DATOS información acerca del contador (datos de la parcela y propietario asociado, datos técnicos, etc.)

## Datos



Ilustración 67: Datos

Esta sección muestra información acerca del elemento que estemos examinando. La naturaleza de esta información variara dependiendo del tipo del elemento, válvula o contador.

## Información de las remotas



Ilustración 68: Información de las remotas

Esta sección muestra información técnica sobre la unidad remota contenida dentro del Hidrante. Junto al identificador de la remota (Ct-1 R-2 → para concentrador 1, remota 2; información que debe coincidir con la que se encuentre programada en campo en la remota pertinente) figuran el nivel de batería actual (BATERIA, en formato absoluto y en formato porcentual), el número de fallos de comunicación consecutivos (COM), la calidad de la sincronización (SIN) y el nivel de señal radio de la remota (RSSI, comprendido entre 0 y 71).

## Contador / Válvula

**- RED 3 - HIDRANTE 722 - VALVULA 1 - CONTADOR 1**

USUARIO: INNOBO

CONEXION: Concentrador 3 Remota 22 Entrada 1  
 TIPO DE CONTADOR:  
 CAUDAL NOMINAL: 0 m3/h  
 PULSOS: pulsos/m3

Tot. Remota: 65535 Tot. Ordenador: 6108

**DATOS DE PARCELA**

POLIGONO: 03703 PARCELA: 178+311+312  
 COD. CONTABILIDAD: 372205  
 SUPERFICIE: 0 m2 0,0 ha  
 TIPO CULTIVO:  
 MARCA PLANTACION:  
 TIPO GOTEROS:  
 NUM ARBOLES: 0  
 GOTEROS/ARBOL: 0  
 PIE:  
 TUBERIA: 0  EN RIEGO

COMENTARIOS

**PROPIETARIOS**

NOMBRE DEL PROPIETARIO	CATEGORIA	TELE

Escoger mes a mostrar: MAYO 2010

Anterior lectura valida: 6182

R	Fecha Inicio	Lectura Ini	Fecha fin	Lectura Fin	m3	Caudal medio	L	Abonado
No	06/05 13:04	6182	06/05 15:34	6182	0	0	No	---
No	11/05 13:04	6182	11/05 15:34	6182	0	0	No	---
No	13/05 13:04	6182	13/05 15:34	6182	0	0	No	---
No	18/05 13:04	6182	18/05 15:34	6182	0	0	No	---

Sin contar caudales residuales

TOTAL CONSUMO: 0  
 CONSUMO FACTURABLE: 0

**Ilustración 69: Pantalla información contador**

Esta pantalla muestra información detallada acerca de un elemento (válvula o contador) así como de las parcelas y propietarios relacionados con él, y datos históricos de su funcionamiento.

La parte izquierda de la pantalla está dispuesta en tres niveles diferenciados:

- El nivel superior muestra información acerca del elemento en sí.
- La parte media informa acerca de la parcela relacionada con el elemento.
- Y la parte inferior muestra a los propietarios relacionados con la parcela.

La parte derecha muestra los meses con información de riegos presentes en el sistema. Escogiendo un mes en concreto del desplegable, obtenemos el desglose de riegos del elemento en ese mes determinado.

Al pie de la tabla con los riegos desglosados se muestra el valor del total de los metros cúbicos de agua contabilizados por ese elemento. Hay que indicar que la cantidad de metros cúbicos contabilizados en un riego se obtiene como la resta entre el totalizador del contador al final del riego actual menos el totalizador del contador al final del riego anterior.

De esta forma, podremos contabilizar los metros cúbicos gastados por apertura de la válvula manual fuera de horario de programación.

También al pie del desglose de riegos, encontramos el botón “modificar riego”, que permite cambiar manualmente el valor de los totalizadores e indicar reinicio de la cuenta de los metros cúbicos, que nos indicará que el valor del riego ha de calcularse como el *valor del totalizador al final del riego menos el valor del totalizador al principio del riego*.

### Modificar Riego

	Original	Modificada
Lectura Inicio	6182	6182
Lectura Fin	6182	6182

Reinicio cuenta m3  
 Riego de limpieza (no facturable)

Cancelar    Aceptar

Ilustración 70: Modificar lecturas riego

### Programador

La correcta programación de un sistema pasa por tres pasos diferenciados:

- La definición de sectores.
- La programación de sectores.
- La programación de válvulas.

La definición de sectores agrupa válvulas para poder programarlas a la vez, compartiendo el mismo horario de activación y desactivación; mientras que la programación de sectores realiza esa programación, dándoles dicho horario de actuación. La programación de válvulas, por último, permite programar válvulas individualmente y discriminar válvulas dependiendo de su estado.

## Definición de Sectores

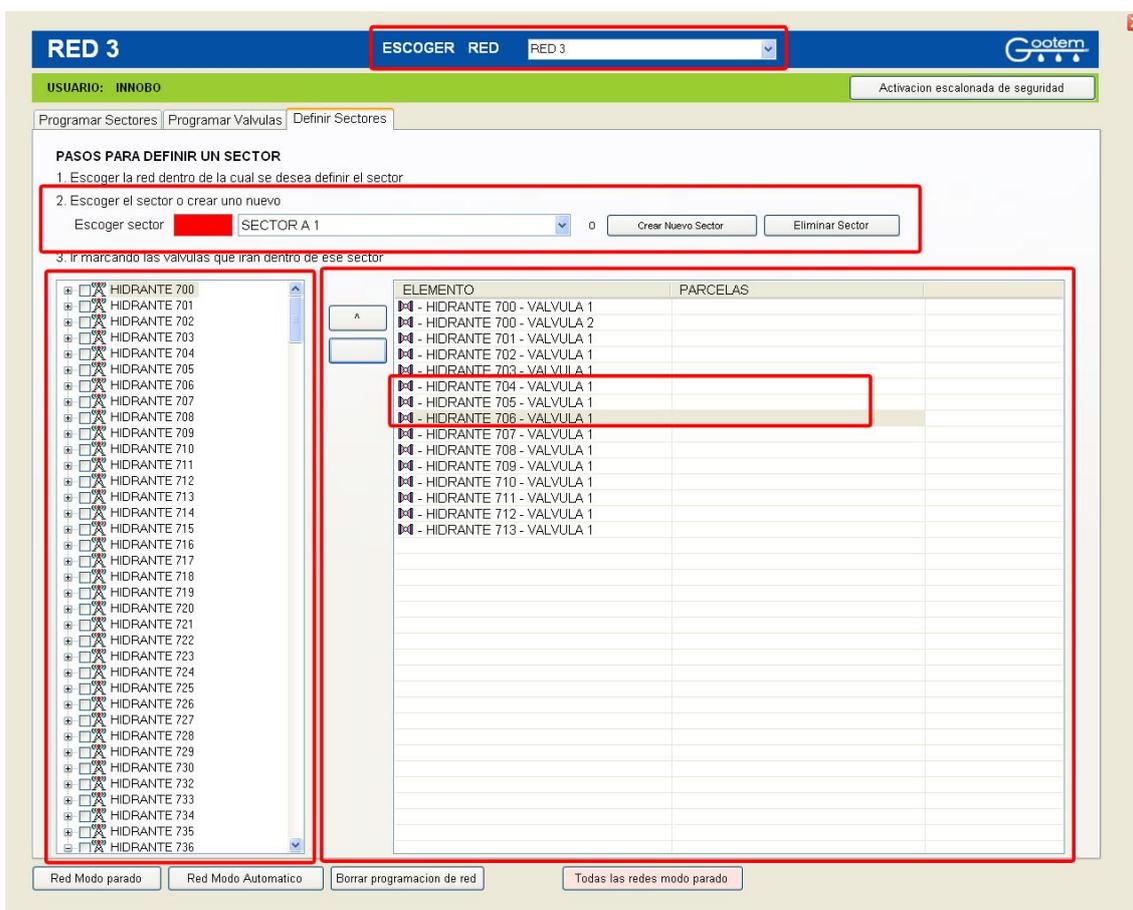
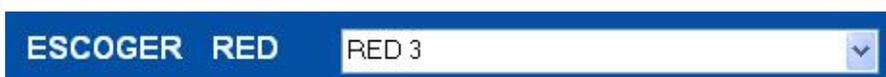


Ilustración 71: Definición de sectores

### Escoger Red



Mediante el desplegable situado en la cabecera de la pantalla podemos escoger la red que queremos programar.

### Escoger o crear Sector



Para poder agrupar las válvulas en sectores, después de escogida la red, debemos escoger el sector del desplegable.

Si lo que queremos es crear un nuevo sector, mediante el botón situado a la derecha podremos crearlo.

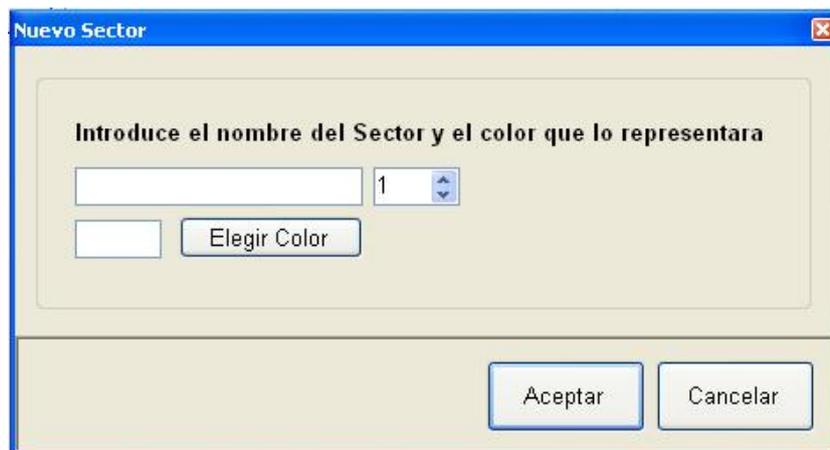


Ilustración 72: Nuevo Sector

### Asignar Válvulas a Sectores

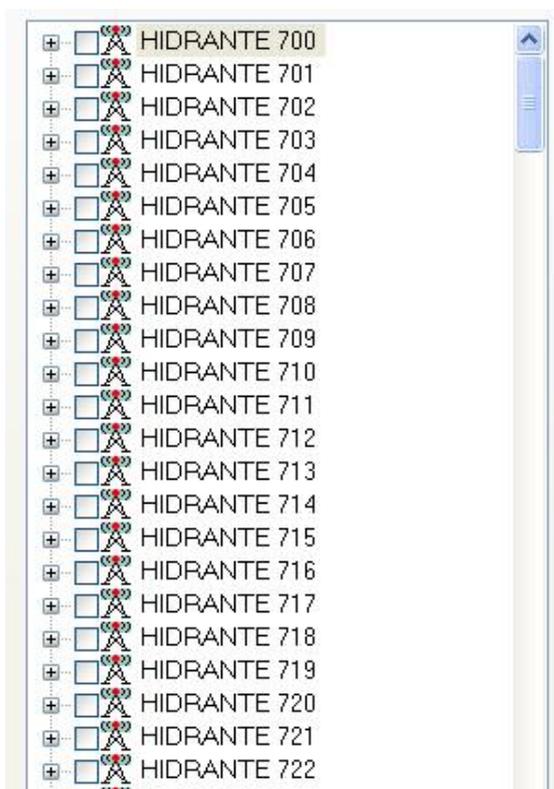
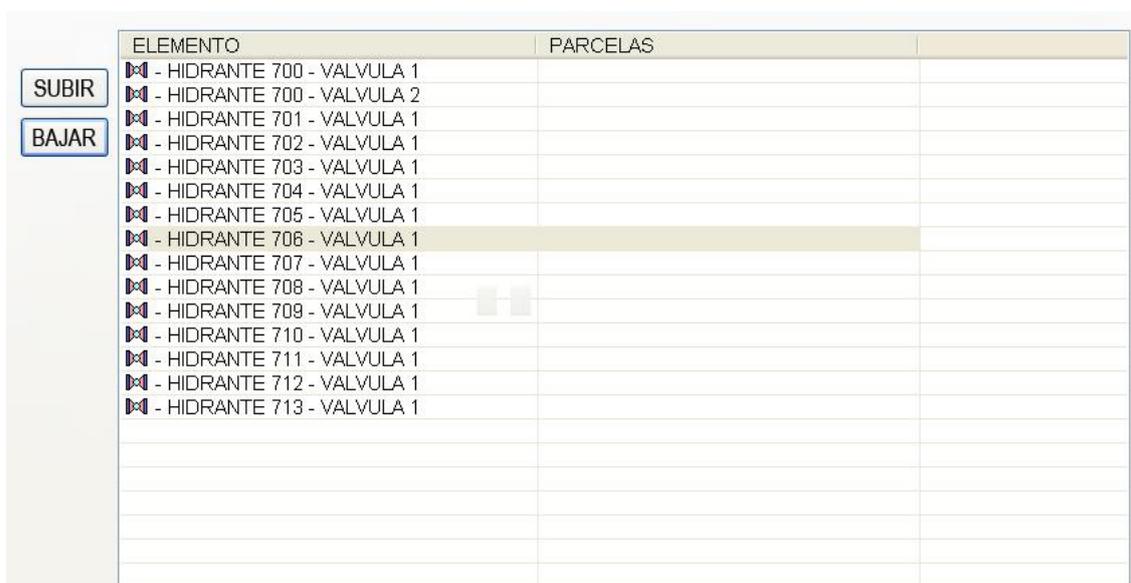


Ilustración 73: Asignar Válvulas a Sectores

A continuación podemos asignar las válvulas al sector escogido, simplemente marcando las válvulas. Los elementos escogidos aparecerán en la lista de la derecha.

## Modificar asignación a sectores



	ELEMENTO	PARCELAS
<input type="button" value="SUBIR"/>	<input type="checkbox"/> - HIDRANTE 700 - VALVULA 1	
	<input type="checkbox"/> - HIDRANTE 700 - VALVULA 2	
<input type="button" value="BAJAR"/>	<input type="checkbox"/> - HIDRANTE 701 - VALVULA 1	
	<input type="checkbox"/> - HIDRANTE 702 - VALVULA 1	
	<input type="checkbox"/> - HIDRANTE 703 - VALVULA 1	
	<input type="checkbox"/> - HIDRANTE 704 - VALVULA 1	
	<input type="checkbox"/> - HIDRANTE 705 - VALVULA 1	
	<input type="checkbox"/> - HIDRANTE 706 - VALVULA 1	
	<input type="checkbox"/> - HIDRANTE 707 - VALVULA 1	
	<input type="checkbox"/> - HIDRANTE 708 - VALVULA 1	
	<input type="checkbox"/> - HIDRANTE 709 - VALVULA 1	
	<input type="checkbox"/> - HIDRANTE 710 - VALVULA 1	
	<input type="checkbox"/> - HIDRANTE 711 - VALVULA 1	
	<input type="checkbox"/> - HIDRANTE 712 - VALVULA 1	
	<input type="checkbox"/> - HIDRANTE 713 - VALVULA 1	

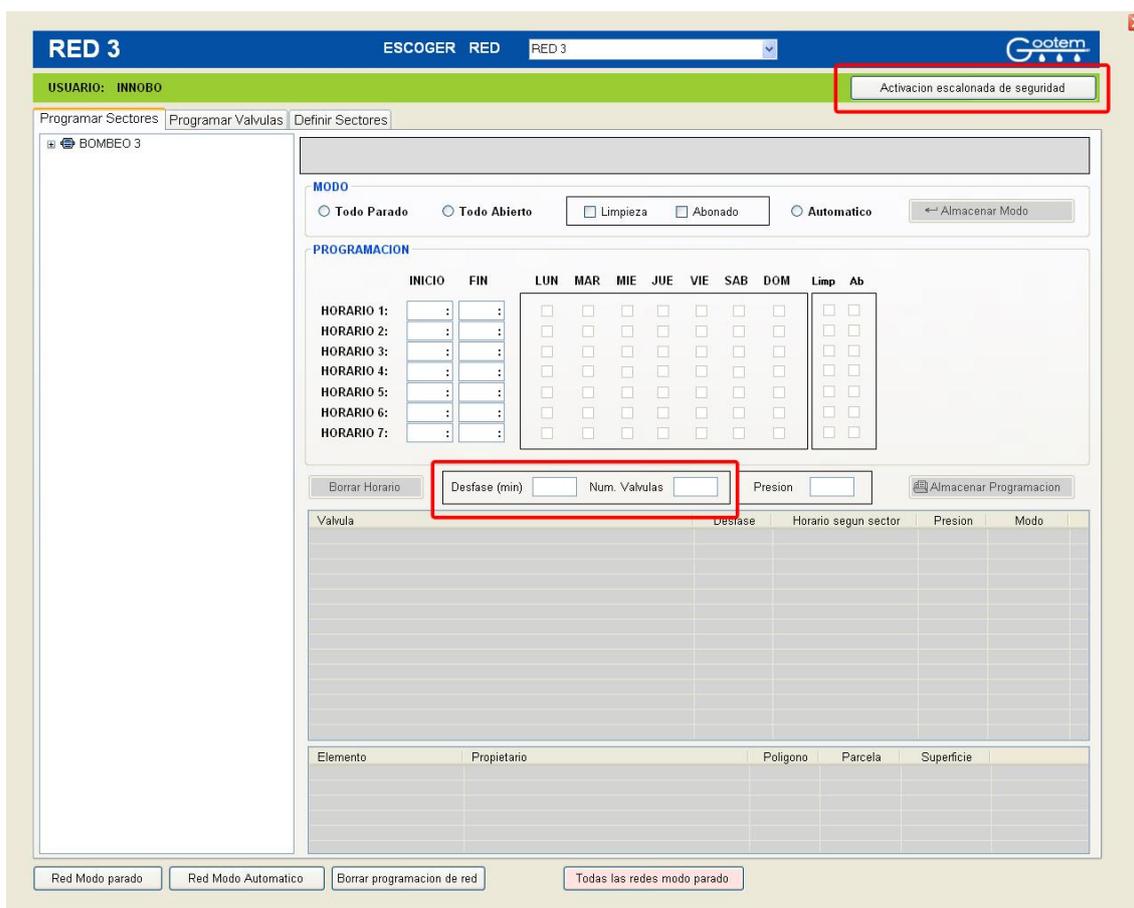
**Ilustración 74: Modificar asignación a Sectores**

Una vez asignadas las válvulas a un sector determinado, el orden en el que se programarán (y, por tanto, se abrirán y se cerrarán) es el que se muestra en la lista.

Para modificar este orden basta con seleccionar la válvula, y subir o bajar su orden respecto a las demás con los botones situados a la izquierda.

Los botones situados a la derecha permiten quitar del sector la válvula seleccionada o eliminar el sector seleccionado y hacer que las válvulas incluidas en este pasen a no tener sector.

## Programación de Sectores



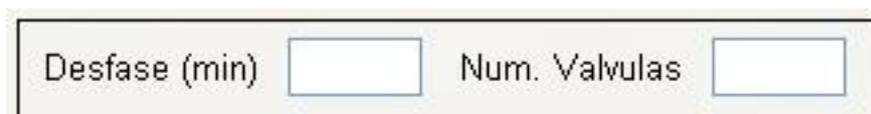
**Ilustración 75: Programación de Sectores**

Seleccionando el sector en el árbol situado a la izquierda de la pantalla obtenemos el estado actual del sector y de la programación.

Podemos cambiar el modo del sector mediante el botón ALMACENAR MODO. Todas las válvulas incluidas en el sector pasan a tener el mismo modo que el sector.

Podemos cambiar la programación del sector (hasta siete programaciones diarias) mediante el botón ALMACENAR PROGRAMACION. Todas las válvulas incluidas en el sector pasan a programarse mediante este horario, teniendo en cuenta el desfase que figura al pie del horario.

### Desfase



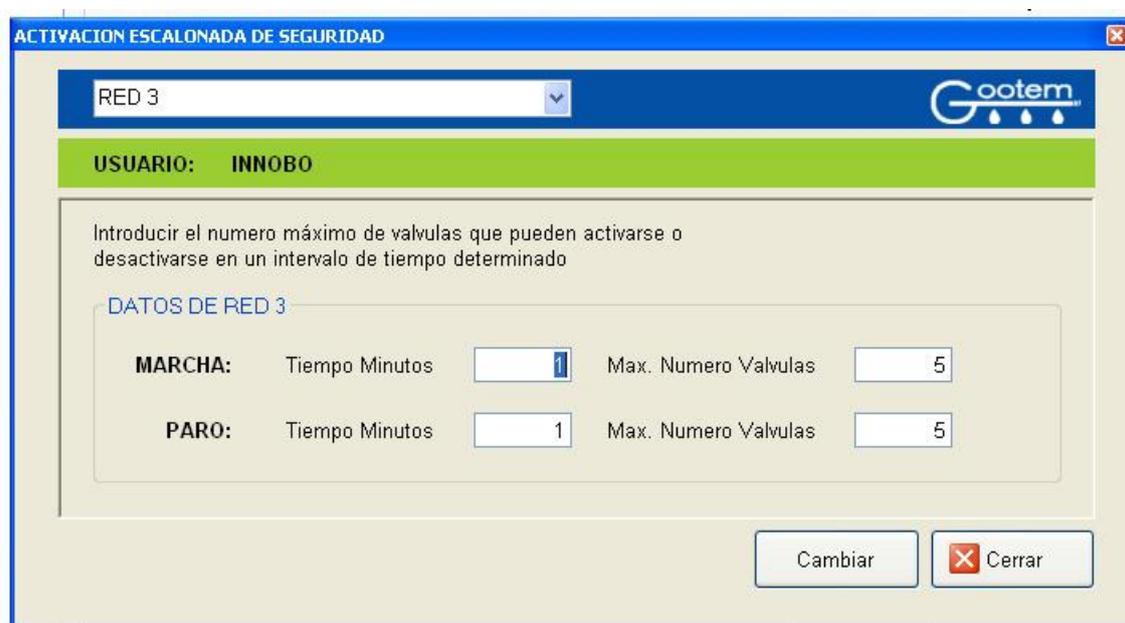
Sea la que sea la programación del sector, la apertura o cierre general de las válvulas puede causar subidas o bajadas súbitas de la presión en la red de riego, cosa que no es recomendable por los reventones que pueda ocasionar.

Para evitar esto, tenemos el desfase entre apertura y cierre de válvulas. Cuando se programa un sector, se indica en la casilla de desfase el número de válvulas que se van a abrir y cerrar por minuto.

Para evitar el olvido en la programación de este desfase, está la llamada ACTIVACION ESCALONADA DE SEGURIDAD, que fija un máximo de aperturas y cierres de válvulas por red.



La pantalla que define esta activación de seguridad es accesible a través del botón situado en la parte superior derecha de la pantalla.



**Ilustración 76: Activación escalonada de seguridad**

## Programación de válvulas

The screenshot shows the 'Programación de Válvulas' interface. At the top, it indicates 'RED 3' and 'ESCOGER RED RED 3'. The user is 'USUARIO: INNOBO'. The interface is divided into several sections:

- Programar Sectores / Programar Válvulas / Definir Sectores:** Navigation tabs.
- MOSTRAR TODAS LAS VALVULAS:** A set of six buttons with valve icons, highlighted with a red box.
- VALVULA 1 (SECTOR A 1):** The selected valve's name and sector, also highlighted with a red box.
- MODO:** Radio buttons for 'Parada', 'Abierta', 'Limpieza', 'Abonado', and 'En Automatico'. A '← Almacenar Modo' button is also present.
- PROGRAMACION:** A table for scheduling.
 

	INICIO	FIN	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	Limp	Ab
HORARIO 1:	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>								
HORARIO 2:	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>								
HORARIO 3:	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>								
HORARIO 4:	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>								
HORARIO 5:	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>								
HORARIO 6:	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>								
HORARIO 7:	00:00	00:00	<input type="checkbox"/>								
- Detalle de la válvula:** A table showing 'Valvula: HIDRANTE 700 - VALVULA 1', 'Desfase: --', 'Horario segun sector: False', 'Presion: 0', and 'Modo: Parado'.
- Detalle del elemento:** A table showing 'Elemento: CONTADOR 1', 'Propietario: ', 'Poligono: 03703', 'Parcela: CONVENT...', and 'Superficie: 0 ha'.

**Ilustración 77: Programación de Válvulas**

La tercera posibilidad existente es la programación individual de válvulas.

Para poder ver las válvulas que están en un determinado estado podemos utilizar los botones situados encima del árbol.



Pinchando en estos botones podemos ver TODAS LAS VALVULAS, VALVULAS PARADAS, VALVULAS ABIERTAS, VALVULAS EN AUTOMATICO, VALVULAS EN ABONADO y VALVULAS EN LIMPIEZA, respectivamente.

Escogiendo una válvula del árbol situado a la izquierda podemos cambiar su modo y su programación de una forma similar a como hacíamos en los sectores.

Al escoger una válvula, en la cabecera del panel central aparece el nombre de la válvula y un indicador que nos informa de si esta válvula está programada según el sector al que pertenece.

## Configuración Alarmas de Caudal

Mediante esta pantalla se configuran las alarmas de caudal superior e inferior de los contadores de una red determinada.

**RED 3** CAMBIAR RED RED 3 Gootem

USUARIO: INNOBO

CONFIGURACION ALARMAS CAUDAL

RED 3

BOMBEO 3

- ⊕ HIDRANTE 700
- ⊕ HIDRANTE 701
- ⊕ HIDRANTE 702
- ⊕ HIDRANTE 703
- ⊕ HIDRANTE 704
- ⊕ HIDRANTE 705
- ⊕ HIDRANTE 706
- ⊕ HIDRANTE 707
- ⊕ HIDRANTE 708
- ⊕ HIDRANTE 709
- ⊕ HIDRANTE 710
- ⊕ HIDRANTE 711
- ⊕ HIDRANTE 712
- ⊕ HIDRANTE 713
- ⊕ HIDRANTE 714
- ⊕ HIDRANTE 715
- ⊕ HIDRANTE 716
- ⊕ HIDRANTE 717
- ⊕ HIDRANTE 718
- ⊕ HIDRANTE 719
- ⊕ HIDRANTE 720
- ⊕ HIDRANTE 721
- ⊕ HIDRANTE 722
- ⊕ HIDRANTE 723
- ⊕ HIDRANTE 724
- ⊕ HIDRANTE 725
- ⊕ HIDRANTE 726
- ⊕ HIDRANTE 727
- ⊕ HIDRANTE 728
- ⊕ HIDRANTE 729
- ⊕ HIDRANTE 730
- ⊕ HIDRANTE 731

RED PORCENTAJE A APLICAR  Aplicar

RUTA ELEMENTO	CAUDAL	%	LIMITES
- HIDRANTE 700 - VALVULA 1 - CONTADOR 1	0	0	0-0
- HIDRANTE 700 - VALVULA 2 - CONTADOR 2	0	0	0-0
- HIDRANTE 700 - VALVULA 2 - CONTADOR 3	0	0	0-0
- HIDRANTE 701 - VALVULA 1 - CONTADOR 1	0	0	0-0
- HIDRANTE 701 - VALVULA 1 - CONTADOR 2	0	0	0-0
- HIDRANTE 701 - VALVULA 1 - CONTADOR 3	0	0	0-0
- HIDRANTE 701 - VALVULA 1 - CONTADOR 4	0	0	0-0
- HIDRANTE 701 - VALVULA 1 - CONTADOR 5	0	0	0-0
- HIDRANTE 701 - VALVULA 1 - CONTADOR 6	0	0	0-0
- HIDRANTE 701 - VALVULA 1 - CONTADOR 7	0	0	0-0
- HIDRANTE 701 - VALVULA 1 - CONTADOR 8	0	0	0-0
- HIDRANTE 702 - VALVULA 1 - CONTADOR 1	0	0	0-0
- HIDRANTE 702 - VALVULA 1 - CONTADOR 2	0	0	0-0
- HIDRANTE 702 - VALVULA 1 - CONTADOR 3	0	0	0-0
- HIDRANTE 702 - VALVULA 1 - CONTADOR 4	0	0	0-0
- HIDRANTE 702 - VALVULA 1 - CONTADOR 5	0	0	0-0
- HIDRANTE 702 - VALVULA 1 - CONTADOR 6	0	0	0-0
- HIDRANTE 702 - VALVULA 1 - CONTADOR 7	0	0	0-0
- HIDRANTE 703 - VALVULA 1 - CONTADOR 1	0	0	0-0
- HIDRANTE 703 - VALVULA 1 - CONTADOR 2	0	0	0-0
- HIDRANTE 703 - VALVULA 1 - CONTADOR 3	0	0	0-0
- HIDRANTE 703 - VALVULA 1 - CONTADOR 4	0	0	0-0
- HIDRANTE 703 - VALVULA 1 - CONTADOR 5	0	0	0-0
- HIDRANTE 703 - VALVULA 1 - CONTADOR 6	0	0	0-0
- HIDRANTE 703 - VALVULA 1 - CONTADOR 7	0	0	0-0
- HIDRANTE 704 - VALVULA 1 - CONTADOR 1	0	0	0-0
- HIDRANTE 704 - VALVULA 1 - CONTADOR 2	0	0	0-0
- HIDRANTE 704 - VALVULA 1 - CONTADOR 3	0	0	0-0

CAMBIA PARMETROS DE LA ALARMA DE CAUDAL DEL CONTADOR

Caudal nominal  m<sup>3</sup>/h Porcentaje  %

**CAUDALES MEDIOS**  
Obtener los caudales nominales a partir de riegos ya realizados

**RETARDO ALARMAS CAUDAL**  
Debe programarse un retardo al abrir o cerrar las valvulas antes de evaluar las alarmas de caudal

RETARDO TRAS APERTURA VALVULA

RETARDO TRAS CIERRE VALVULA

**CAUDAL CIERRE VALVULA**  
El valor del caudal debe ser inferior o igual a este valor para que se considere que una valvula se ha cerrado y no aparezca la alarma de fallo de cierre

CAUDAL CIERRE VALVULA

Ilustración 78: Configuración Alarmas Caudal

## Retardo de comprobación y caudal de cierre

**RETARDO ALARMAS CAUDAL**  
Debe programarse un retardo al abrir o cerrar las valvulas antes de evaluar las alarmas de caudal

RETARDO TRAS APERTURA VALVULA

RETARDO TRAS CIERRE VALVULA

**CAUDAL CIERRE VALVULA**  
El valor del caudal debe ser inferior o igual a este valor para que se considere que una valvula se ha cerrado y no aparezca la alarma de fallo de cierre

CAUDAL CIERRE VALVULA

Ilustración 79: Retardo de comprobación y caudal de cierre

Al escoger una red en la cabecera de la pantalla, en la sección inferior aparecen algunos datos de la red.

El retardo de alarmas caudal es el tiempo, en minutos, que se tarda en abrir o cerrar una válvula y en comprobar si existe caudal para dar una alarma de apertura o cierre de la válvula.

El caudal de cierre de la válvula es el caudal, en metros cúbicos, a partir del cual se considera que la válvula está cerrada.

## Configuración individual

RED PORCENTAJE A APLICAR  Aplicar

- RED 3

RUTA ELEMENTO	CAUDAL	%	LIMITES
- HIDRANTE 700 - VALVULA 1 - CONTADOR 1	0	0	0-0
- HIDRANTE 700 - VALVULA 2 - CONTADOR 2	0	0	0-0
- HIDRANTE 700 - VALVULA 2 - CONTADOR 3	0	0	0-0
- HIDRANTE 701 - VALVULA 1 - CONTADOR 1	0	0	0-0
- HIDRANTE 701 - VALVULA 1 - CONTADOR 2	0	0	0-0
- HIDRANTE 701 - VALVULA 1 - CONTADOR 3	0	0	0-0
- HIDRANTE 701 - VALVULA 1 - CONTADOR 4	0	0	0-0
- HIDRANTE 701 - VALVULA 1 - CONTADOR 5	0	0	0-0
- HIDRANTE 701 - VALVULA 1 - CONTADOR 6	0	0	0-0
- HIDRANTE 701 - VALVULA 1 - CONTADOR 7	0	0	0-0
- HIDRANTE 701 - VALVULA 1 - CONTADOR 8	0	0	0-0
- HIDRANTE 702 - VALVULA 1 - CONTADOR 1	0	0	0-0
- HIDRANTE 702 - VALVULA 1 - CONTADOR 2	0	0	0-0
- HIDRANTE 702 - VALVULA 1 - CONTADOR 3	0	0	0-0
- HIDRANTE 702 - VALVULA 1 - CONTADOR 4	0	0	0-0
- HIDRANTE 702 - VALVULA 1 - CONTADOR 5	0	0	0-0
- HIDRANTE 702 - VALVULA 1 - CONTADOR 6	0	0	0-0
- HIDRANTE 702 - VALVULA 1 - CONTADOR 7	0	0	0-0
- HIDRANTE 703 - VALVULA 1 - CONTADOR 1	0	0	0-0
- HIDRANTE 703 - VALVULA 1 - CONTADOR 2	0	0	0-0
- HIDRANTE 703 - VALVULA 1 - CONTADOR 3	0	0	0-0
- HIDRANTE 703 - VALVULA 1 - CONTADOR 4	0	0	0-0
- HIDRANTE 703 - VALVULA 1 - CONTADOR 5	0	0	0-0
- HIDRANTE 703 - VALVULA 1 - CONTADOR 6	0	0	0-0
- HIDRANTE 703 - VALVULA 1 - CONTADOR 7	0	0	0-0
- HIDRANTE 704 - VALVULA 1 - CONTADOR 1	0	0	0-0
- HIDRANTE 704 - VALVULA 1 - CONTADOR 2	0	0	0-0
- HIDRANTE 704 - VALVULA 1 - CONTADOR 3	0	0	0-0

**CAMBIAR PARAMETROS DE LA ALARMA DE CAUDAL DEL CONTADOR**

Caudal nominal  m<sup>3</sup>/h Porcentaje  %

**CAUDALES MEDIOS**  
Obtener los caudales nominales a partir de riegos ya realizados

**Ilustración 80: Configuración individual**

Escogiendo un nodo del árbol de la izquierda, accedemos a los contadores que están por debajo de ese nodo.

Al escoger uno de estos contadores en la lista, podemos modificar manualmente su caudal nominal y el porcentaje de caudal superior e inferior permitido para que no salte la alarma de caudal.

## Configuración general

RED PORCENTAJE A APLICAR

**Ilustración 81: Configuración general**

Otra posibilidad es marcar el porcentaje de caudal de forma general para toda la red.

## Pantalla de Alarmas Emergentes

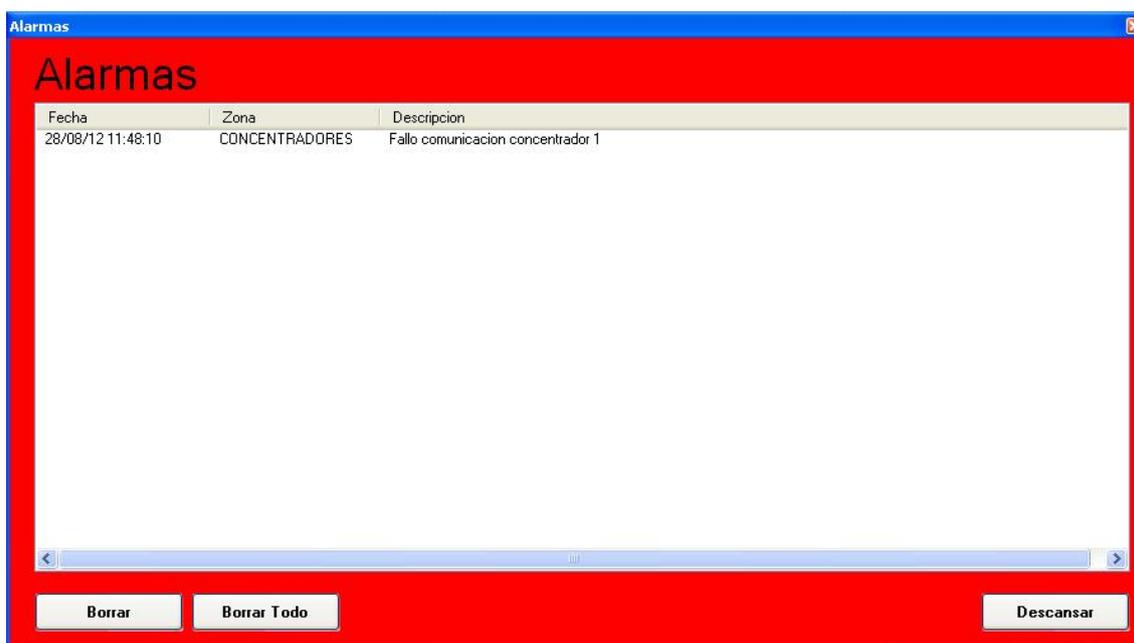


Ilustración 82: Pantalla de Alarmas Emergentes

Esta pantalla muestra de forma inmediata, las alarmas que se producen en el sistema. Conforme las alarmas van desapareciendo, también desaparecen de la lista de alarmas emergentes.

## Visor de Alarmas

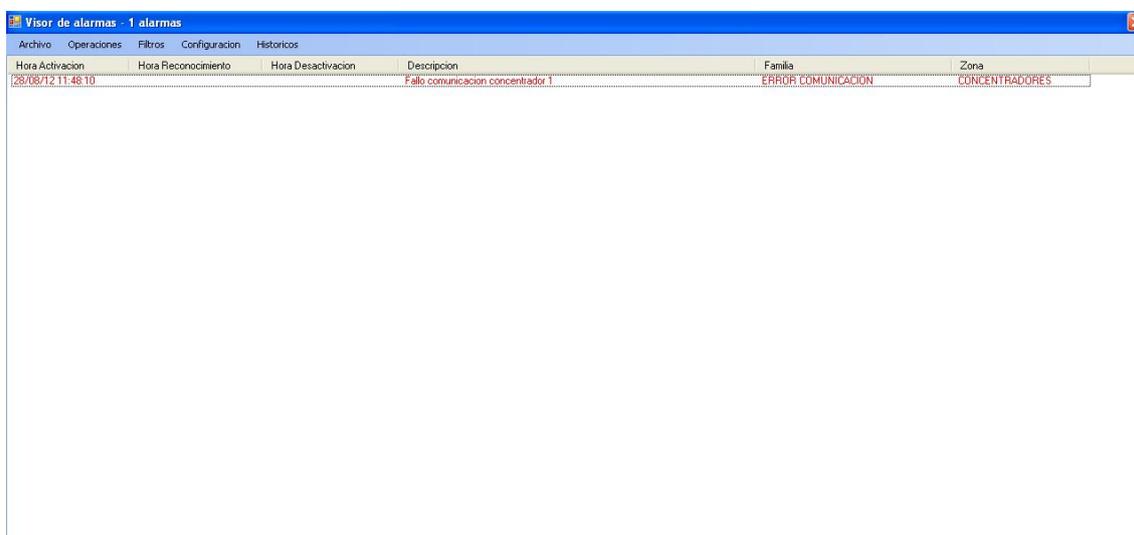


Ilustración 83: Visor de Alarmas

El visor de alarmas muestra el estado de las alarmas que se han producido en el sistema, y permite configurar determinados aspectos del módulo de alarmas mediante el menú situado en la parte superior de la pantalla.

Las alarmas que se muestran en el visor lo hacen mediante un sencillo código de colores: las alarmas en rojo siguen activas, las alarmas en verde se activaron y

desactivaron solas, y las alarmas en negro se han activado y se han reconocido por el operario.

Las alarmas reconocidas y desaparecidas del sistema, desaparecen también del visor.

Un doble clic con el ratón encima de una alarma, produce su reconocimiento.

Pasamos a continuación a describir el contenido del menú superior:

**Archivo > Imprimir**

Se imprime en un documento de Cristal Reports el contenido de la pantalla actual.

**Operaciones > confirmar**

Se reconoce la alarma seleccionada.

**Operaciones > confirmar selección**

Se reconocen todas las alarmas seleccionadas.

**Operaciones > confirmar todo**

Se reconocen todas las alarmas del visor.

**Filtros > Ninguno**

Se muestran todas las alarmas del sistema.

**Filtros > Familias**

Se muestran solo las alarmas pertenecientes a una familia determinada.

**Filtros > Zonas**

Se muestran solo las alarmas pertenecientes a una zona determinada.

## Configuración > Habilitación de alarmas

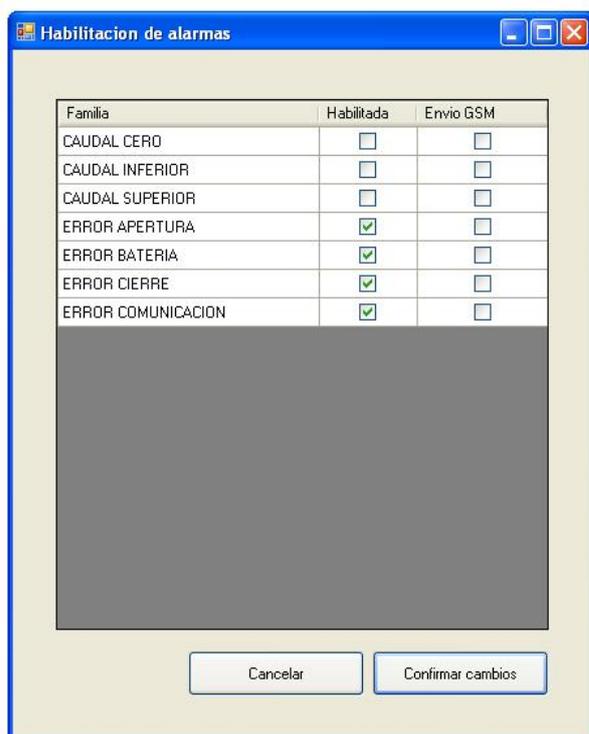


Ilustración 84: Habilitación de Alarmas

Esta pantalla permite habilitar las alarmas de una zona y familia determinadas y también hacer que esas alarmas se envíen por móvil.

## Configuración > Configuración Puerto GSM



Ilustración 85: Configuración Puerto GSM

Esta pantalla permite definir los parámetros del puerto GSM para el envío de alarmas.

### Configuración > Teléfonos envío de alarmas

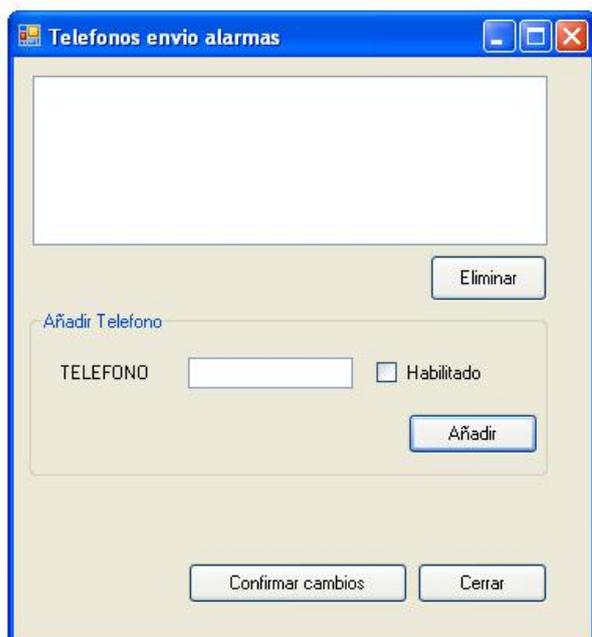


Ilustración 86: Teléfono envío de Alarmas

Mediante esta pantalla se definen los teléfonos a los que van dirigidas las alarmas GSM.

### Históricos

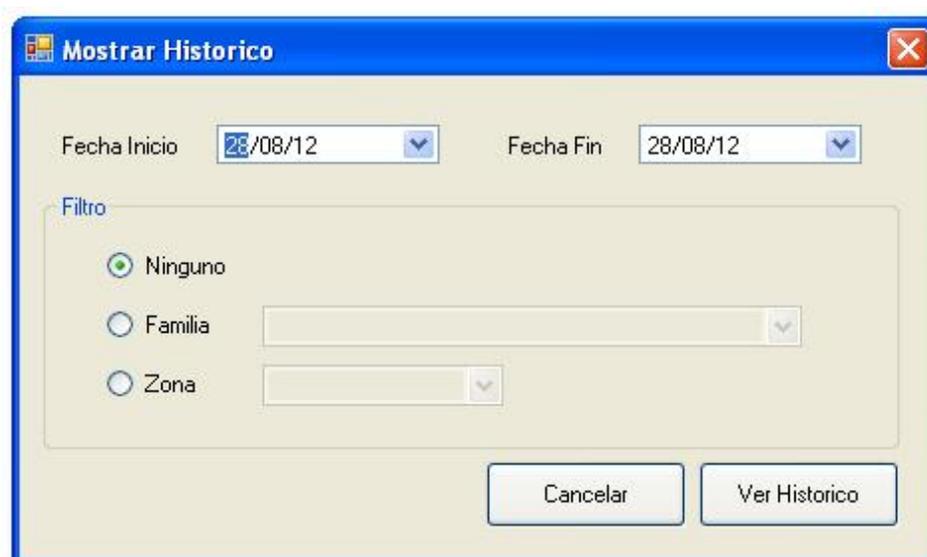


Ilustración 87: Mostrar Históricos

Permite consultar los históricos de alarmas producidas y filtrar esos históricos por zona o familia

El histórico no muestra las alarmas producidas entre las fechas indicadas, sino las alarmas **ACTIVAS** entre esas fechas.

## Parcelas > Nueva

**DATOS PARCELA**

PARCELA  POLIGONO  ID

SUPERFICIE  m<sup>2</sup>  ha

TIPO CULTIVO  MARCA PLANTACION

Nº ARBOLES  PIE

COMENTARIOS

EN RIEGO

CODIGO CONTABILIDAD

**Tipo de gestion de riego**

Riego a Manta  Riego por goteo  Ninguna Gestion

**Datos del riego por goteo**

GOTEROS/ARBOL  TIPO GOTEROS  TUBERIA

**Elementos asociados**

**Propietarios**

NOMBRE DEL PROPIETARIO	CATEGORIA

**Selección del elemento asociado**

RED  ELEMENTOS  HIDRANTE

Ver Elementos sin parcela

**ELEMENTO**

/ RED 3 / HIDRANTE 700 / VALVULA 1 / CONTADOR 1
/ RED 3 / HIDRANTE 700 / VALVULA 2 / CONTADOR 2
/ RED 3 / HIDRANTE 700 / VALVULA 2 / CONTADOR 3
/ RED 3 / HIDRANTE 701 / VALVULA 1 / CONTADOR 1
/ RED 3 / HIDRANTE 701 / VALVULA 1 / CONTADOR 2
/ RED 3 / HIDRANTE 701 / VALVULA 1 / CONTADOR 3
/ RED 3 / HIDRANTE 701 / VALVULA 1 / CONTADOR 4
/ RED 3 / HIDRANTE 701 / VALVULA 1 / CONTADOR 5
/ RED 3 / HIDRANTE 701 / VALVULA 1 / CONTADOR 6
/ RED 3 / HIDRANTE 701 / VALVULA 1 / CONTADOR 7
/ RED 3 / HIDRANTE 701 / VALVULA 1 / CONTADOR 8
/ RED 3 / HIDRANTE 702 / VALVULA 1 / CONTADOR 1
/ RED 3 / HIDRANTE 702 / VALVULA 1 / CONTADOR 2
/ RED 3 / HIDRANTE 702 / VALVULA 1 / CONTADOR 3
/ RED 3 / HIDRANTE 702 / VALVULA 1 / CONTADOR 4
/ RED 3 / HIDRANTE 702 / VALVULA 1 / CONTADOR 5
/ RED 3 / HIDRANTE 702 / VALVULA 1 / CONTADOR 6
/ RED 3 / HIDRANTE 702 / VALVULA 1 / CONTADOR 7
/ RED 3 / HIDRANTE 703 / VALVULA 1 / CONTADOR 1
/ RED 3 / HIDRANTE 703 / VALVULA 1 / CONTADOR 2
/ RED 3 / HIDRANTE 703 / VALVULA 1 / CONTADOR 3
/ RED 3 / HIDRANTE 703 / VALVULA 1 / CONTADOR 4
/ RED 3 / HIDRANTE 703 / VALVULA 1 / CONTADOR 5
/ RED 3 / HIDRANTE 703 / VALVULA 1 / CONTADOR 6
/ RED 3 / HIDRANTE 703 / VALVULA 1 / CONTADOR 7
/ RED 3 / HIDRANTE 704 / VALVULA 1 / CONTADOR 1
/ RED 3 / HIDRANTE 704 / VALVULA 1 / CONTADOR 2
/ RED 3 / HIDRANTE 704 / VALVULA 1 / CONTADOR 3
/ RED 3 / HIDRANTE 704 / VALVULA 1 / CONTADOR 4
/ RED 3 / HIDRANTE 704 / VALVULA 1 / CONTADOR 5
/ RED 3 / HIDRANTE 704 / VALVULA 1 / CONTADOR 6
/ RED 3 / HIDRANTE 704 / VALVULA 1 / CONTADOR 7
/ RED 3 / HIDRANTE 704 / VALVULA 1 / CONTADOR 8
/ RED 3 / HIDRANTE 705 / VALVULA 1 / CONTADOR 1
/ RED 3 / HIDRANTE 705 / VALVULA 1 / CONTADOR 2

TOTAL: 1.703

**Ilustración 88: Parcela Nueva**

Mediante este formulario introducimos nuevas parcelas en el sistema.

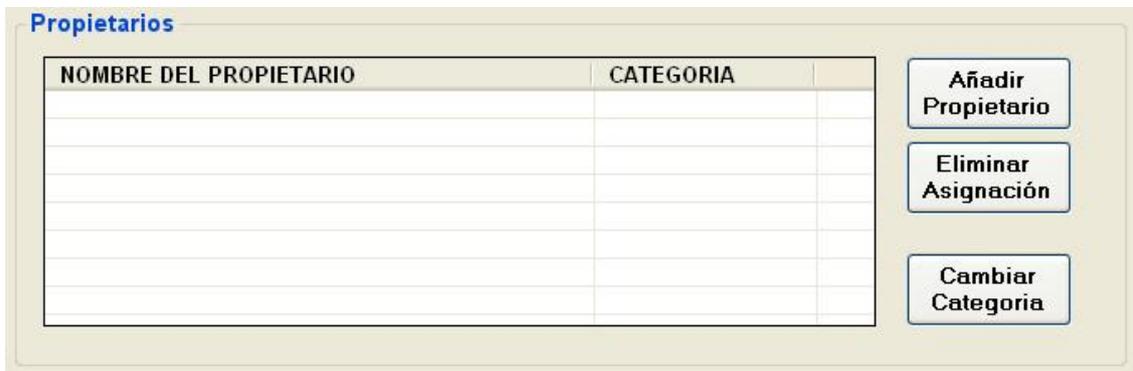
La pantalla consta de varias partes diferenciadas: datos de parcela, relación de la red de riego con la parcela (indica que contador o contadores están asociados a esta parcela) y otra parte con las personas que están relacionadas con esta parcela y qué relación tienen (propietario, arrendatario, regador, etc.)

### Añadir y eliminar elementos a la parcela

Mediante la parte derecha de la pantalla podemos añadir o eliminar elementos de la red de riego a la parcela que nos atañe.

## Añadir y eliminar Propietarios a la parcela

De la misma forma que añadimos relaciones con elementos, nos conducimos a la hora de añadir, modificar o eliminar relaciones con personas.



The screenshot shows a web interface titled "Propietarios". It features a table with two main columns: "NOMBRE DEL PROPIETARIO" and "CATEGORIA". The table is currently empty. To the right of the table are three buttons: "Añadir Propietario", "Eliminar Asignación", and "Cambiar Categoría".

NOMBRE DEL PROPIETARIO	CATEGORIA	

Ilustración 89: Añadir y eliminar Propietarios a la parcela

El botón añadir nos desplegará una lista de personas de la que podemos escoger una, bien pinchando dos veces con el ratón, o bien seleccionándola con los cursores y pulsando ENTER.

La persona nos aparecerá relacionada con la parcela en una calidad por defecto, que podremos modificar pinchando en "Cambiar Categoría".

## Parcelas > Buscar Parcela

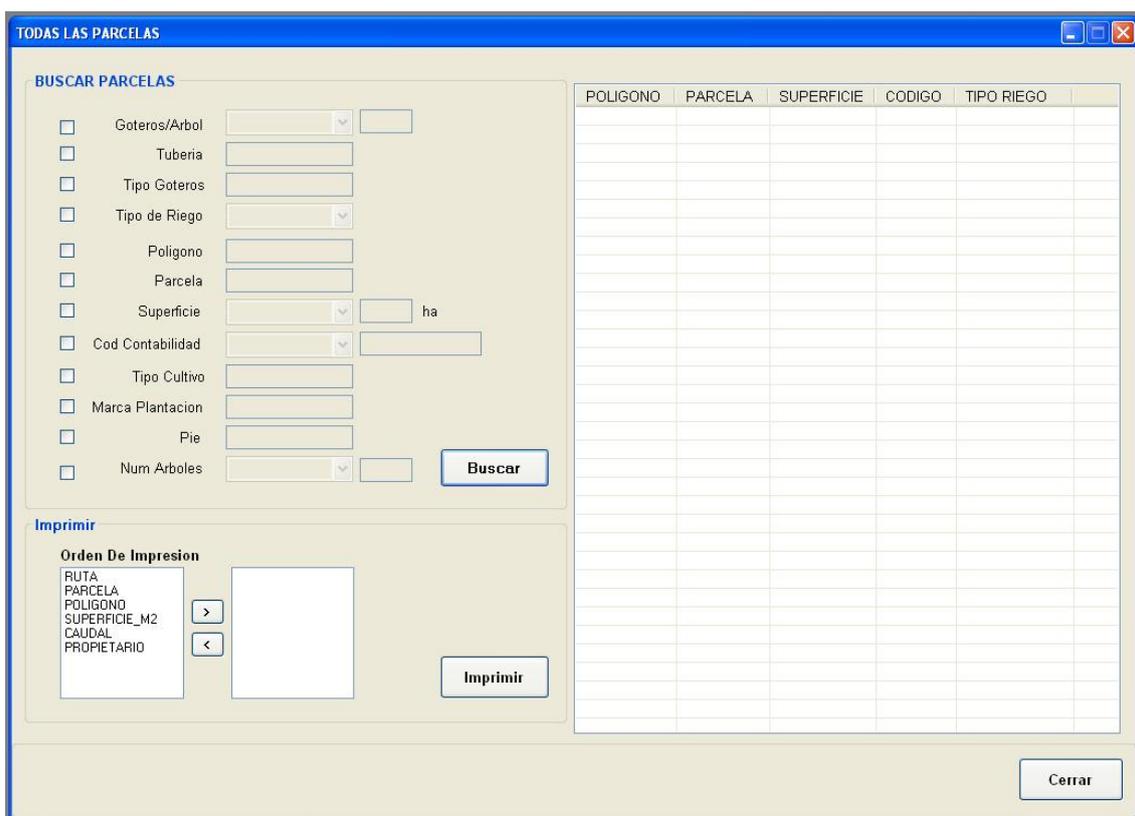
The screenshot shows the 'GOOTEM GESTION DE PARCELAS Y PROPIETARIOS' application. The search filter at the top left includes fields for 'PARCELA', 'POLIGONO', and 'RED' (set to 'Todas'), with a 'Buscar' button and a 'Ver Elementos' checkbox. The central table lists parcels with columns for 'PARCELA', 'POL.', and 'ELEMENTO ASOCIADO A LA PARCELA'. The selected parcel (ID 36) is highlighted in blue. The right-hand panel displays the detailed information for this parcel, including its surface area (2478 m<sup>2</sup> / 248 ha), irrigation status (checked), and associated elements like 'RED 3 / HIDRANTE 771 / VALVULA 1 / CONTADOR 9'. Below this, the 'PROPIETARIOS' section shows the owner 'Fuster Arna, Maria y Vicente' with options to assign, delete, or change the record. The 'Datos del Propietario' section includes fields for name, NIF, address, and contact information. Buttons for 'MODIFICAR', 'ELIMINAR', 'Guardar datos', 'Deshacer cambios', 'Historicos de Riego', 'Asignar Elemento', 'Eliminar Elemento', and 'CERRAR' are visible throughout the interface.

**Ilustración 90: Buscar Parcela**

Esta pantalla muestra la red de riego y las parcelas relacionadas con elementos de la red.

Cuando escogemos un registro de la izquierda, aparecen en la parte derecha de la pantalla todos los datos de la parcela. Dichos datos pueden modificarse clicando sobre los botones de la derecha correspondientes.

## Parcelas > Buscar TODAS



**Ilustración 91: Buscar todas las parcelas**

Con esta pantalla podemos realizar búsquedas de todas las parcelas presentes en el sistema, estén o no relacionadas con elementos de la red de riego.

Marcando el campo, o campos, por el que queremos realizar la búsqueda, obtendremos en la lista de la derecha el resultado correspondiente.

La sección de imprimir nos permite crear informes de las parcelas que hemos obtenido como resultado de la búsqueda.

El orden en que estas parcelas aparecerán en el listado también es configurable.

En la lista de la parte derecha, donde aparecen listadas las parcelas que hemos obtenido en la búsqueda, podemos pinchar sobre una con el botón derecho del ratón y tendremos la posibilidad de visualizar los datos de la parcela o de modificarlos.

## Propietarios > Nuevo

Último código contable: 0

ID  COD CONTABILIDAD

NOMBRE  NIF

DIRECCION  CP

PROVINCIA

LOCALIDAD  TELEFONO 1

PAIS  TELEFONO 2

C.BANCARIA

COMENTARIOS

**Ilustración 92: Nuevo Propietario**

Rellenando este formulario con los datos correspondientes al nuevo propietario y clicando en añadir, tendremos introducido en el sistema un nuevo propietario.

## Propietarios > Buscar propietario

**Ilustración 93: Buscar Propietario**

Esta pantalla muestra los propietarios dados de alta en el sistema. La primera de sus secciones, a la derecha, nos muestra los datos del propietario, mientras que la segunda nos lista las parcelas que éste posee.

Con el ratón o con los cursores, podemos ir navegando entre los propietarios a la izquierda de la pantalla. También a través de la sección derecha superior podremos editar los datos del propietario o incluso eliminarlo; lo mismo podremos hacer con las parcelas dándole a MODIFICAR en la sección inferior derecha.

Existen dos tipos de búsquedas posibles: mediante listado y mediante filtro. La búsqueda mediante listado nos permite buscar un propietario en concreto. Para ello, se despliega una lista de propietarios ordenados por nombre, por ejemplo, como vemos en la imagen anterior, para que escojamos uno.

La búsqueda mediante filtro no es más que en la ventana de búsqueda introducir un texto a filtrar en todo el listado, correspondiente a la opción a listar seleccionada, buscando y mostrando solo los propietarios que cumplan el requisitos escrito.

## Informes

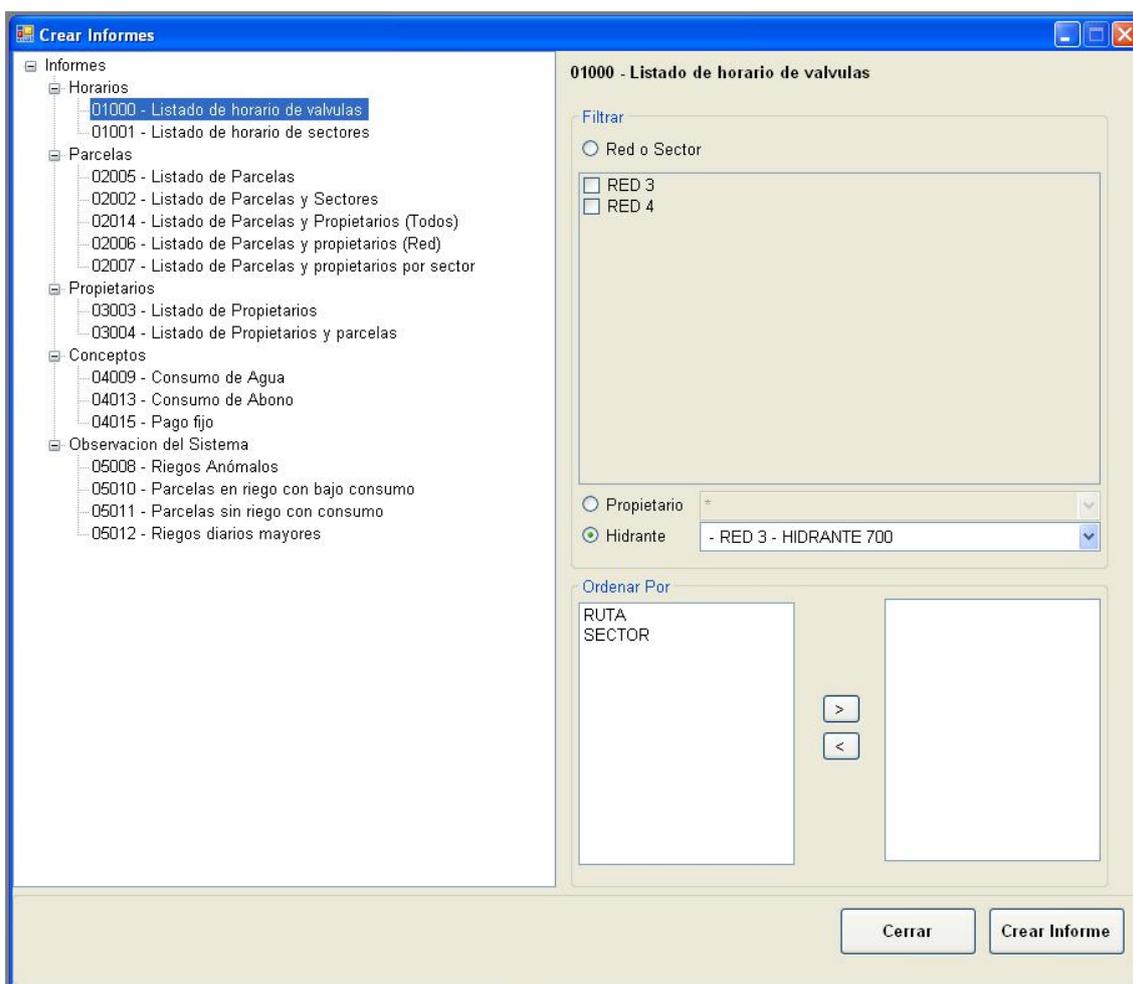


Ilustración 94: Informes

Mediante esta pantalla podemos extraer determinados informes del sistema. La creación de informes es una operación en tres pasos: la elección del informe, la discriminación por red o por sector o por propietario o por hidrante, y la elección del orden.

### Tipos de Informes disponibles

#### Horario de programación de válvulas o de sectores

Extrae un listado de las válvulas o de los sectores, con sus programaciones y los días habilitados para el riego.

#### Parcelas

Extrae una serie de listados relacionados con las parcelas:

- Listado de parcelas.
- Listado de parcelas y sectores.
- Listado de parcelas y propietarios (todos).
- Listado de parcelas y propietarios (red).

Listado de parcelas y propietarios por sector.

Propietarios

Extrae una serie de listados relacionados con las propietarios:

Listado de propietarios.

Listado de propietarios y parcelas.

Conceptos

Extrae un listado de los siguientes conceptos:

Consumo de agua.

Consumo de abono.

Pago fijo.

Observaciones del sistema

Extrae un listado de los siguientes acontecimientos del sistema:

Riegos anómalos.

Parcelas en riego con bajo consumo.

Parcelas sin riego con consumo existente.

Riegos diarios mayores.

Con todos estos informes es mucho más rápido y eficiente el control de la red de modo general para no tener que recorrer uno por uno los hidrantes y los contadores con todo el esfuerzo que esto supondría, facilitando enormemente las tareas de mantenimiento diario de la instalación.



## 7. Programación de los Automatas de los Cabezales

En ambos cabezales, puesto que existen pocas diferencias entre ellos y las necesidades de automatización son prácticamente las mismas, utilizaremos el mismo modelo de autómata, y este será el KOYO DL06. Las siglas DL DirectLOGIC son una familia de PLC's (Programmable Logic Controllers) ó Automatas producidos por KOYO Electronics Industries nacida en Japón.

Estos autómatas se programan mediante un software específico (basado en diagramas de contactos) llamado DirectSOFT. Este paquete de programación, junto con el sistema de instrucciones de gran alcance del DL06, hace que la programación sea muy sencilla e intuitiva, como veremos. Soporta más de 230 instrucciones, incluyendo las matemáticas de coma flotante, ciclos FOR/NEXT, subrutinas, rellenar los espacios en blanco-ASCII de entrada/salida de instrucciones, etc. Posee además, características convenientes como, comparación de contactos, bit de palabra de direccionamiento, alias asignables, etc. que simplifican la programación y resolución de problemas enormemente.

Para su programación podemos utilizar RS232, un puerto USB con un adaptador de USB a serie, o como es nuestro caso, mediante 10Base-T ó 10/100 tarjeta de red Ethernet.

En esta familia de autómatas existen varios modelos: DL05 Micro PLC; DL06 Micro Modular PLC; DL105; DL205 Modular; DL305 compatible con General Electric, Texas Instruments y Siemens; DL 405. En nuestro caso como ya comentamos, elegiremos (por el cumplimiento más que necesario de nuestros requerimientos) el DL06.

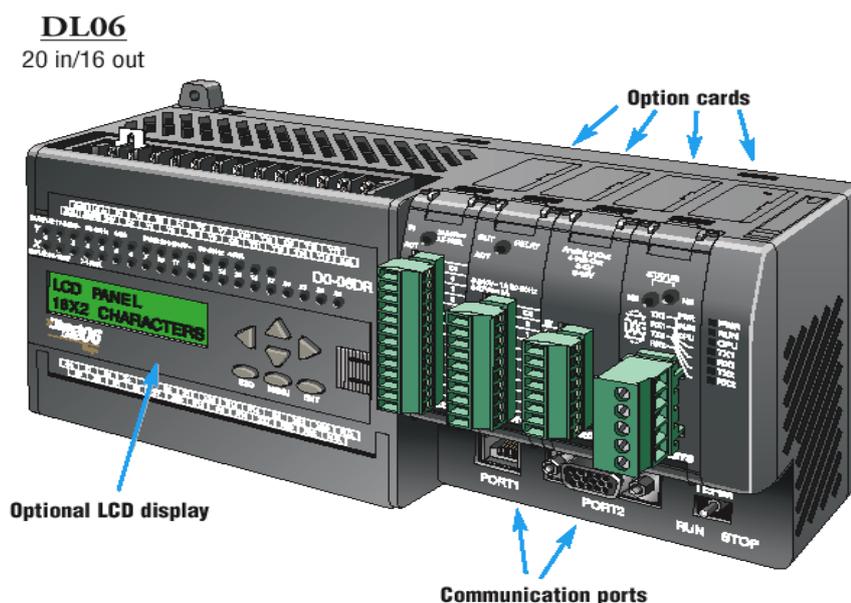


Ilustración 95: Koyo DL06

A su vez la subfamilia KOYO DL06 incluye ocho modelos, y entre ellos elegiremos el que nos proporciona salidas a transistor denominado D0-06DD1-D.

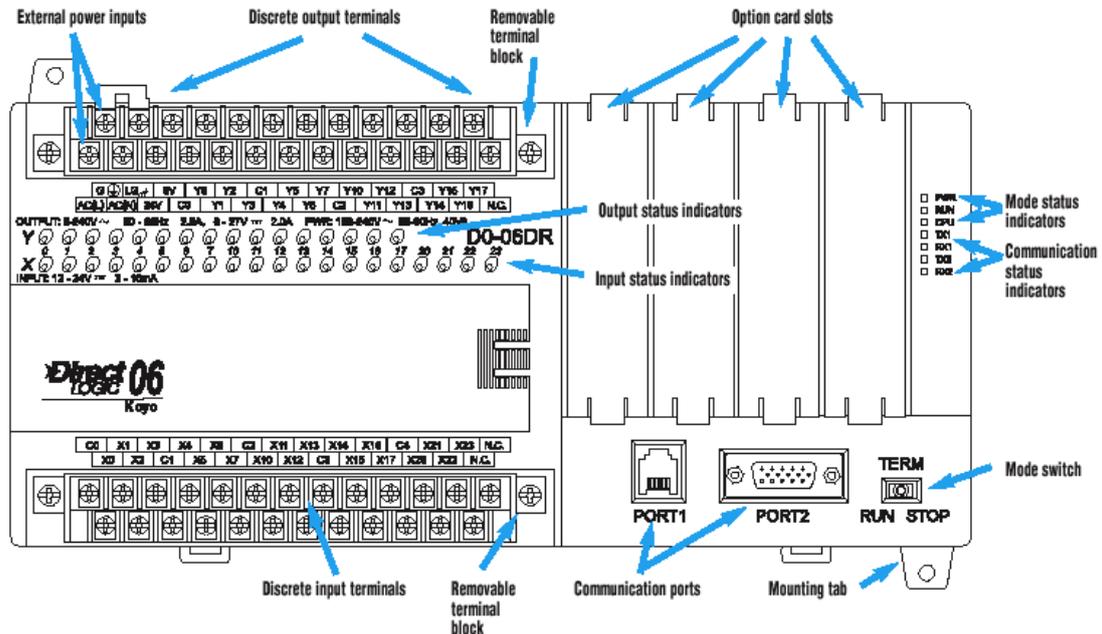


Ilustración 96: Elementos Koyo DL06

Todos los DL06 incluyen 20 entradas y 16 salidas (en concreto el modelo elegido posee 16 salidas drenadoras de Corriente Continua), además de cuatro ranuras de expansión modular que nos proporcionarían hasta un total de 100 entradas/salidas (en nuestro caso, 4 de las 20 entradas son entradas filtradas, y pueden ser configuradas como contadores de alta velocidad de entrada, en concreto 7kHz). Disponen de un total de 14.8K de memoria, más que suficiente para cualquier programa de control. Todos los modelos disponen de dos puertos de comunicación serie, uno que hace las veces de interfaz de operador, apoyando la conectividad de programación, mientras que el puerto 2 se puede utilizar para la creación de redes RS232/422/485 o ASCII, concretamente, en nuestro caso, formará parte de la red 485 que conecta a los concentradores con el radiomódem, con el PLC, y en el cabezal 3 (mediante un convertor RS232 a RS485), con el PC de control. Esto permite también la creación de redes a un variador de frecuencia o a otro PLC, todo al mismo tiempo. Esta red de comunicaciones responde al protocolo estándar industrial Modbus RTU, donde cada elemento tendrá, como dijimos en apartados anteriores su identificativo Modbus único.

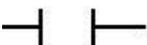
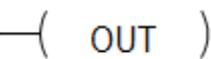
Cabe destacar algunas características más del DL06 como son:

- CA o fuente de alimentación de CC.
- Área de usuario del programa 7680 palabras. Registros de datos: palabra 7.3K.
- Tiempo de ejecución de instrucción: 0.7ms
- Tiempo de exploración de palabra 1.5ms/1k con instrucciones estándar.
- Alta velocidad de entrada de 4 puntos, y de salida de 2.
- 8 canales para el control PID
- Reloj y calendario.
- Batería de reserva opcional.
- Monitor LCD opcional.

- Compatible con DeviceNet y CUnet.

El objetivo de este apartado es presentar el código fuente de los programas que se encuentran en los autómatas de ambos cabezales. Intentaremos describir brevemente cada bloque de programa sin entrar en detalle de los matices del lenguaje de programación utilizado, ya que ello requeriría la realización de un cursillo de lenguaje de programación tipo LADDER para autómatas, y para nada es nuestro objetivo en este apartado. No obstante mostraremos los símbolos o contactos básicos de dicho lenguaje de programación para entender al menos el concepto del programa en sí.

En primer lugar, el software de programación que utilizaremos será el DIRECTSOFT32, que sirve para programar la familia completa de los autómatas de la marca KOYO. El lenguaje de programación que utilizamos, como ya hemos mencionado es un lenguaje LADDER o de contactos, y este es un lenguaje gráfico basado en esquemas eléctricos de control clásicos. Para programar un autómata con un lenguaje de este tipo, además de estar familiarizado con las reglas eléctricas de los circuitos de conmutación, es necesario conocer cada uno de los elementos de que consta este lenguaje. Describiremos a continuación algunos de los más comunes:

	CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO	Utilizado para representar variables de entrada, se activa con un "1" lógico de la variable.
	CONTACTO NORMALMENTE CERRADO	Utilizado para representar variables de entrada negadas, se activa con un "0" lógico de la variable.
	BOBINA O RELÉ DE SALIDA	Se activa cuando a su entrada, es decir a su izquierda, se le excita con un "1" lógico. Al igual que el anterior también existe su negado.
SET	BOBINA "SET"	Cuando a su izquierda se produce un "1" lógico, activa su variable (la pone a 1) y no se puede desactivar si no es con su correspondiente RESET.
RESET	BOBINA "RESET"	Cuando a su izquierda se produce un "1" lógico, desactiva su variable (la pone a 0).

Evidentemente, en nuestro programa encontraremos muchos más tipos de instrucciones, pero veremos que son bastante intuitivas y de todas formas, en la bibliografía adjunta facilitamos un manual completo del autómata KOYO 06, para despejar cualquier duda.

Nuestro autómata posee "puertos" o terminales de entrada y salida, representados por letras X las entradas e Y las salidas. Destacamos también los BITS de sistema, que son contactos que el propio autómata activa cuando conviene o cuando se producen unas determinadas circunstancias. Los más importantes son los de arranque (SP0) y los de reloj.

Vemos que todo el programa está unido por una línea vertical a la izquierda que representaría eléctricamente el terminal de alimentación, mientras que la línea vertical a la derecha sería el terminal de masa.

El orden de ejecución es generalmente de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, primero los contactos y luego las bobinas, de manera que estas se activan si sus contactos se lo confirman.

Para la confección de los programas de ambos autómatas se realizó una primera reunión entre la empresa constructora (OCIDE), la Comunidad de Regantes y por supuesto nuestra empresa, para definir en su totalidad las pautas de funcionamiento a seguir por cada cabezal, que posteriormente se mostrarían y se matizarían todo lo que fue necesario.

## 7.1. CABEZAL 3

En este apartado del proyecto he tomado la decisión de mostrar el programa del PLC dando un fragmento de código y su explicación oportuna, deseando que sea lo más ameno posible.

Antes de empezar conviene explicar brevemente unos conceptos básicos de la programación de nuestro autómatas. Cualquier PLC tiene diversos tipos de información a procesar; esto incluye estados de entradas, de salidas, varios elementos de sincronización con otros equipos, etc. Por tanto, es importantísimo entender cómo el sistema representa y almacena los diversos tipos de datos:

- La memoria variable, llamada memoria V, almacena los datos para el programa y para la configuración, es decir, entradas, salidas, temporizadores, contadores, etc. Las direcciones de memoria se numeran en octal, por ejemplo, V1213 es una localización válida, mientras que V2985 es inválida (“9” y “8” son dígitos octales inválidos).
- Datos tipo “C” o relevadores de control: son bits discretos que se usan normalmente para controlar el programa de usuario. Son internos a la CPU del autómatas.
- Etc. (no vamos a detallarlos todos, evidentemente, puesto que para ello se facilita en la bibliografía adjunta, el manual del Koyo 06, donde resolver todas las dudas posibles).



En primer lugar, configuramos la expansión añadida al PLC como una tarjeta analógica de 4 entradas y 2 salidas, todas ellas correspondientes a corrientes de entre 4 a 20 mA; a su vez configuro las posiciones de memoria del PLC en las que almacenaré los valores de dichas entradas y salidas, quedando que las entradas analógicas y sus posiciones de memoria serán:

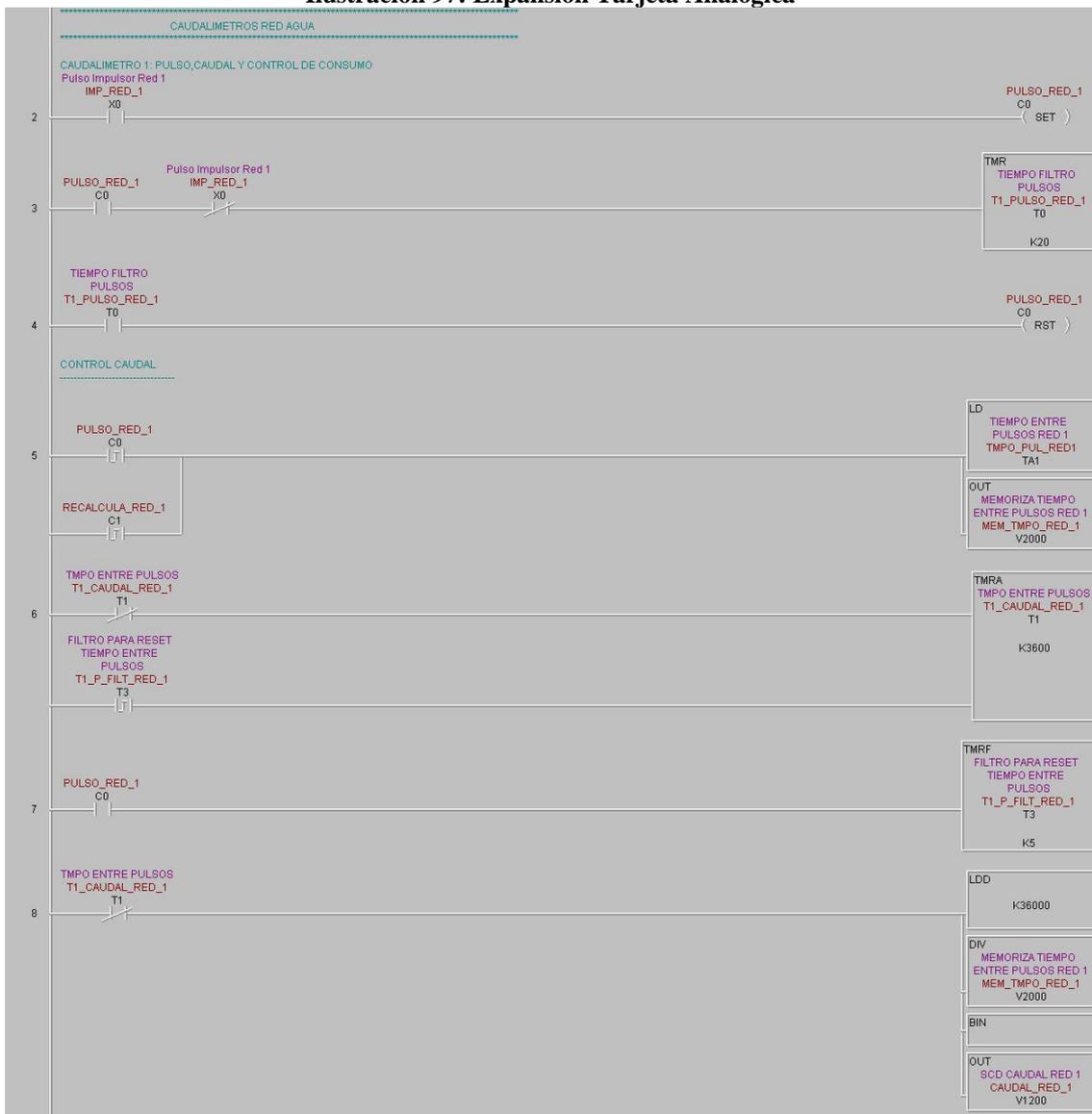
- Entrada analógica 1 → valor en la posición V3000
- Entrada analógica 2 → valor en la posición V3001
- Entrada analógica 3 → valor en la posición V3002
- Entrada analógica 4 → valor en la posición V3003

Y en cuanto a las salidas:

- Salida analógica 1 → valor en la posición V3010
- Salida analógica 2 → valor en la posición V3011



Ilustración 97: Expansión Tarjeta Analógica

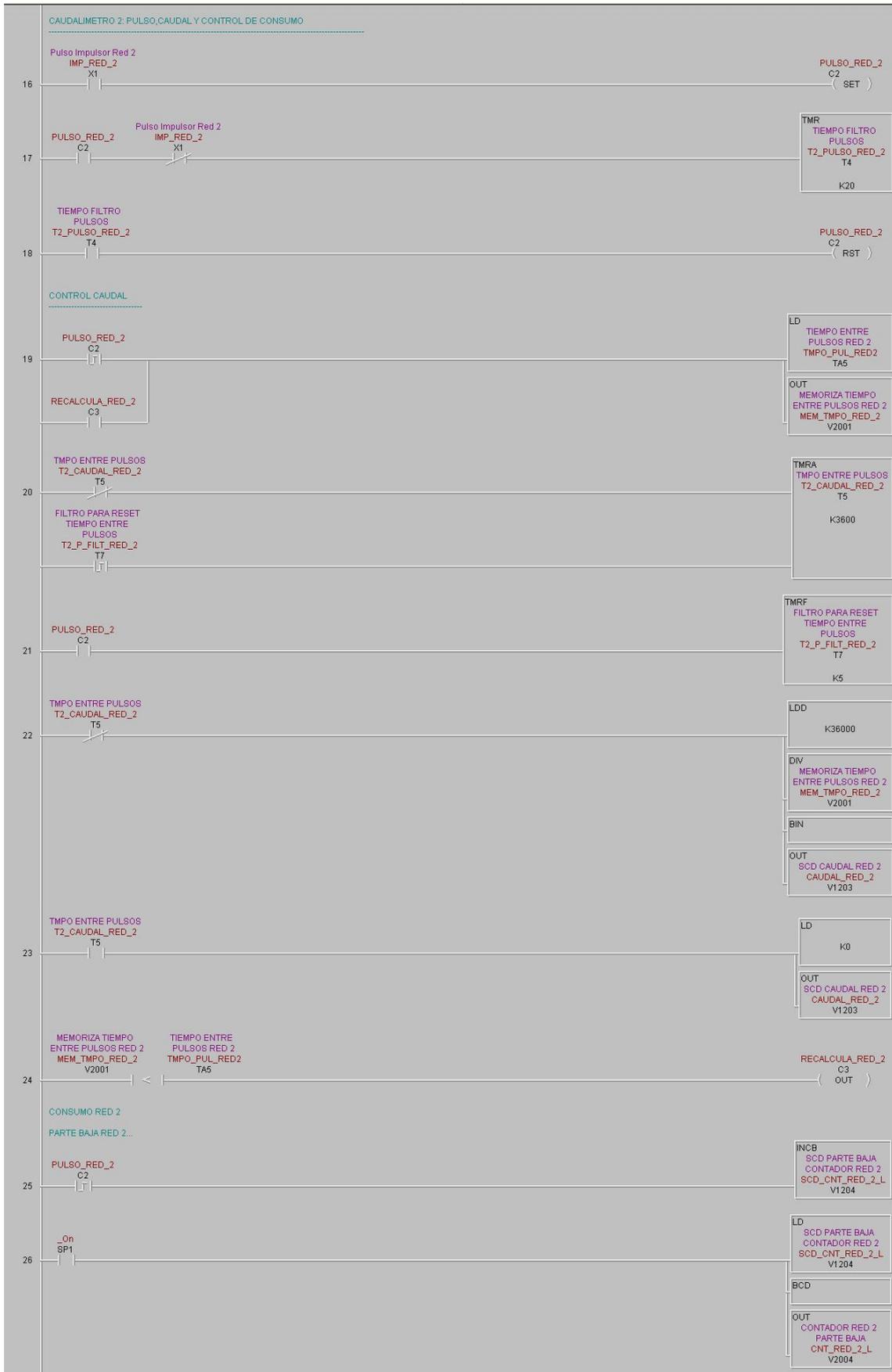


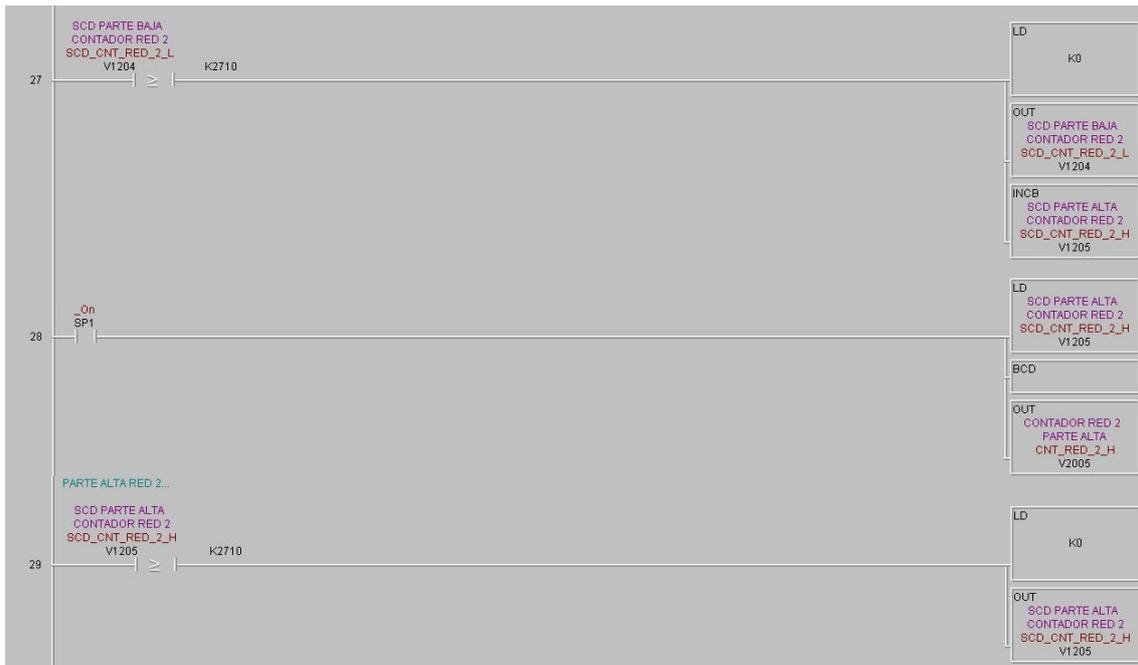


En este bloque capturamos los pulsos dados por el impulsor del contador de red y pasados a la entrada X0, los filtramos por si se produjeran rebotes de menos de 2 segundos de amplitud, y los utilizamos para calcular tanto la cantidad de m<sup>3</sup>/h (CAUDA\_RED) que pasan por la tubería general nº1 e incrementamos la parte baja del consumo acumulado. Destacamos que el contador de consumo total se divide en dos, parte baja y parte alta, ambas de 4 dígitos, y en este bloque si fuese necesario incrementaríamos también la parte alta ( si la baja pasa de 9999 a 0000, la parte alta se incrementa en 1). El bloque de recálculo de caudal, sirve para que cuando se detiene el paso de agua, nuestro caudal vuelque progresivamente su valor a 0, ya que si no nos quedaríamos con el último valor esperando un nuevo pulso de caudal.

Almacenamos el caudal instantáneo (m<sup>3</sup>/h) del contador de red 1 en la posición V1200 y en cuanto al consumo acumulado, la parte baja en la posición V1201 y la alta en la V1202.

SISTEMA DE AUTOMATIZACION Y TELECONTROL PARA LA MODERNIZACIÓN DEL RIEGO DE LAS ZONAS 3 Y 4 DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DE LA SAFOR





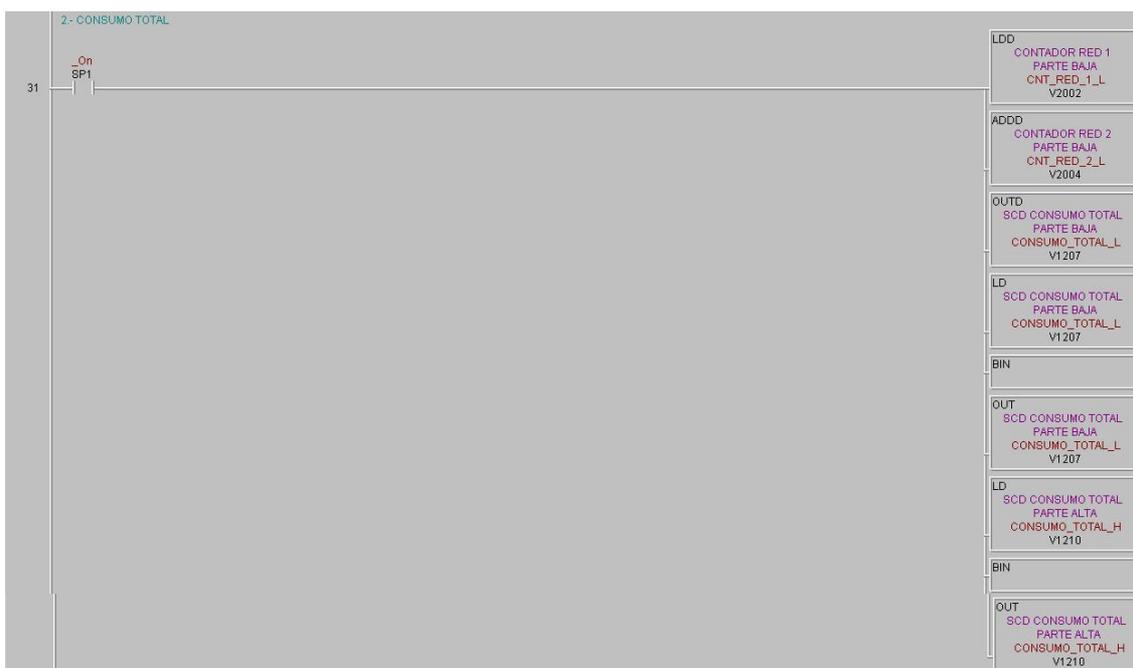
En el Cabezal 3 (al igual que en el 4) hay 2 contadores de red en forma de “bypass” hidráulico, por si se produjese una avería en el contador de red 1 ó 2, anularíamos el tramo de bypass afectado quedándonos el otro en funcionamiento. En este bloque capturamos los pulsos dados por el impulsor del contador de red 2 realizando lo mismo que en el bloque anterior para el contador de red 1. Las posiciones de memoria utilizadas serán: caudal instantáneo (m3/h) del contador de red 2 en la posición V1203 y en cuanto al consumo acumulado, la parte baja en la posición V1204 y la alta en la V1205.



**Ilustración 98: CONTADORES DE RED 1 Y 2**



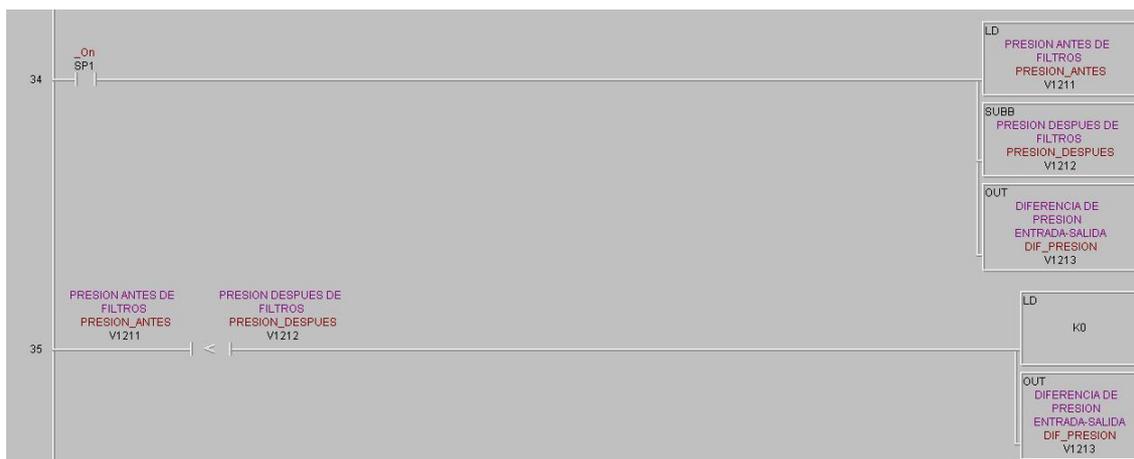
Sumamos los dos caudales de red y los pasamos a la posición de memoria V1206.



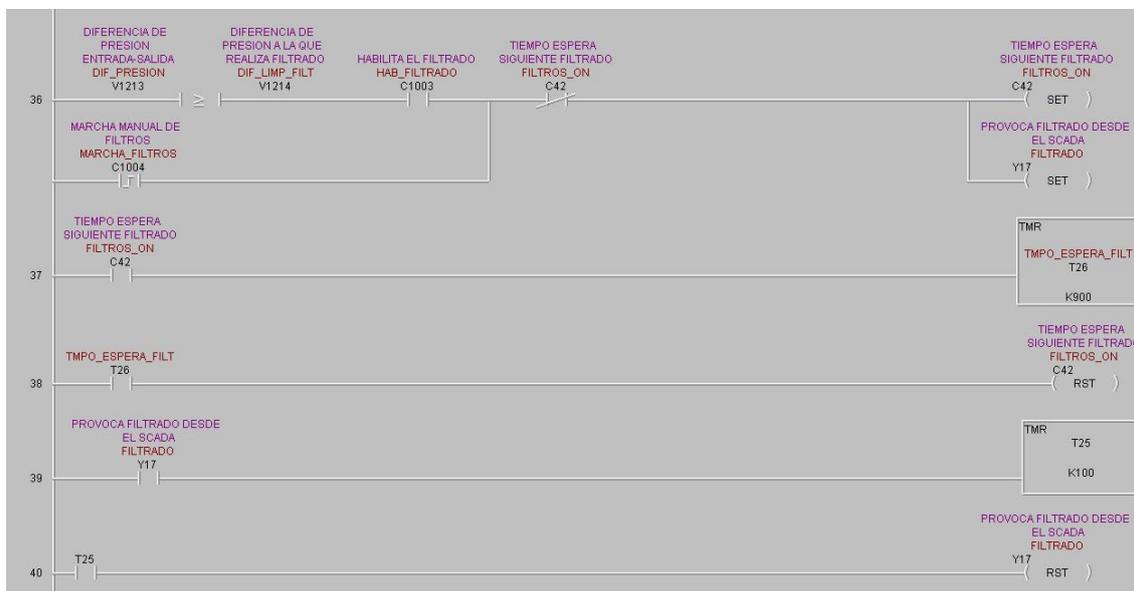
Sumamos también los consumos acumulados por ambos contadores y los almacenamos a la posición de memoria V1207 la parte baja y la V1210 la alta. Es fácil observar que el direccionamiento del mapa de memoria del KOYO 06 es de forma octal, por ello no existen ni las posiciones de memoria acabadas en 8 ni en 9.

Tras el bloque de caudales instantáneos y acumulados pasamos a la parte encargada del control del filtrado.





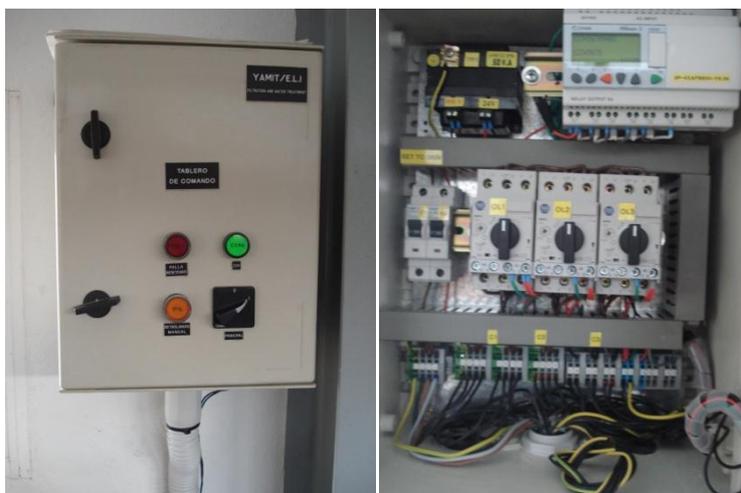
En la entrada analógica 2 (posición de memoria V3001) se ha cableado el transductor de presión que se encuentra a la salida del bloque de filtrado del cabezal, y en la entrada analógica 1 (posición de memoria V3000) se ha cableado el transductor de presión que se encuentra a la entrada del filtrado. Evaluando la diferencia entre ambos transductores nos damos cuenta de lo sucio que se encuentra el filtrado, activándolo para limpiarlo. Siguiendo con las posiciones de memoria que como veremos posteriormente usaremos para la visualización en nuestro SCADA, pasamos las variables V3000 a la posición V1212 y la V3001 a la posición V1211. La diferencia de presión la almacenamos en la V1213, la cual la volcaremos a 0 en caso de que la resta nos dé un número negativo provocado por la tolerancia del valor de ambos transductores, ya que de no hacerlo nos daría un pequeño valor de presión negativo no aceptable.



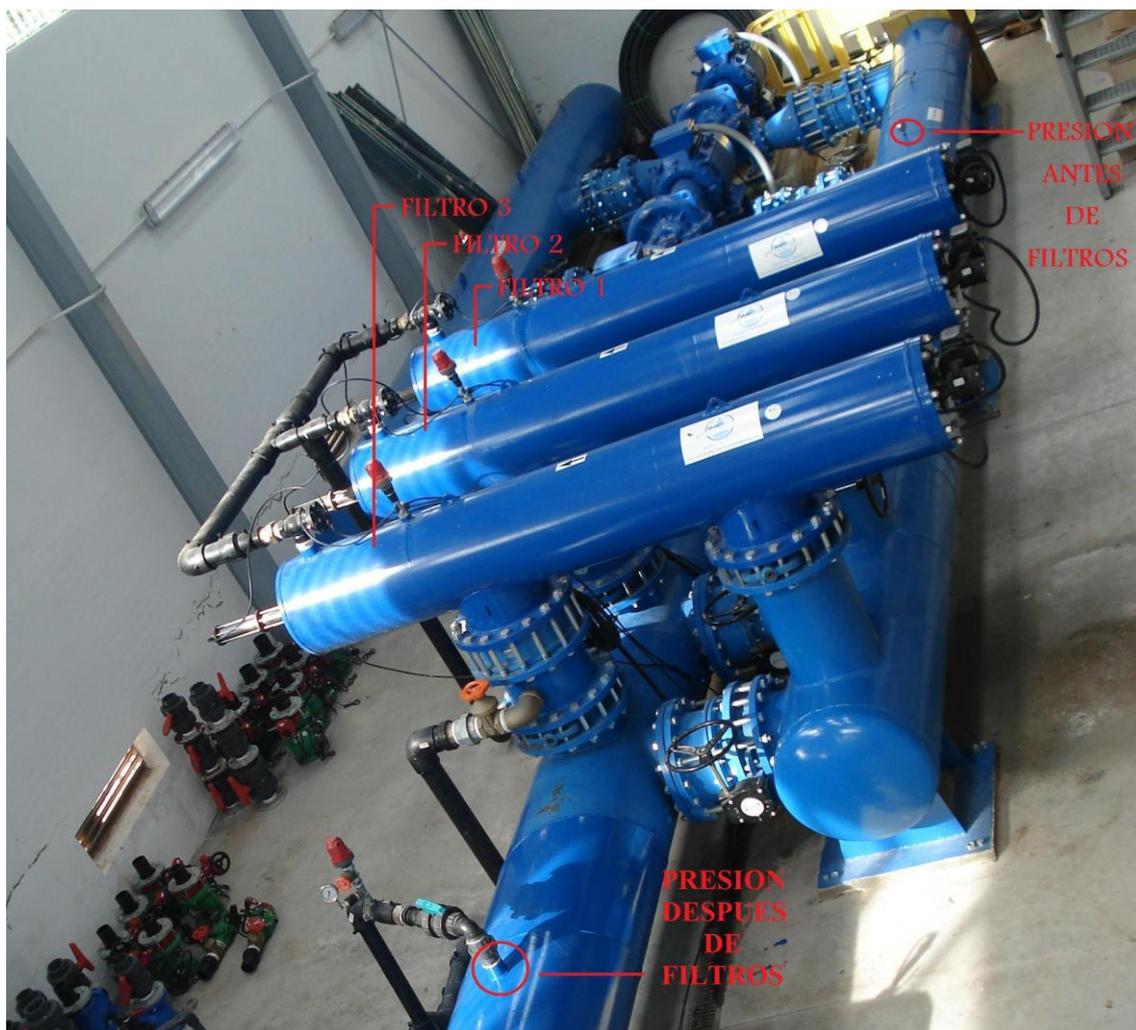
Hay dos modos de actuación del filtrado: uno instantáneo y otro de forma automática. En el primero basta con pulsar el botón correspondiente para accionar el filtrado, y en el segundo, si habilitamos el botón de actuación automática y la diferencia de presión entre la salida y la entrada es superior a la que introducimos en el SCADA como presión “límite”, se produce una secuencia hidráulica de filtrado. En ambos modos de funcionamiento hemos programado en el PLC que no se puedan dar dos

órdenes de filtrado en un espacio de tiempo de 90 segundos (los temporizadores TMR se dan en decimas de segundo).

La orden de arranque de filtrado consiste en la activación de la salida Y17 de nuestro autómatas con un pulso de 10 segundos de amplitud que irá cableado al contacto correspondiente de ON del equipo hidráulico de filtrado, el cual genera su propia secuencia de funcionamiento. El equipo de filtrado lleva su propio cuadro eléctrico ajeno a Electronobo, y solo nos solicitan el mencionado contacto de activación:



**Ilustración 99: CUADRO ELECTRICO FILTRADO**



**Ilustración 100: FILTRADO HIDRAULICO COMPUESTO POR 3 FILTROS**

```
-----
ABONADO
-----
MARCHA BOMBAS...
MARCHA SISTEMA DE BOMBEO
MARCHA_CABEZAL
C1000
41
MARCHA DEL SISTEMA
DE RIEGO
ON_RIEGO
Y11
( OUT )
```

En este bloque de código, llevaremos a cabo el control del sistema de abonado. Evidentemente para que se pueda abonar, primero debemos abastecer a la red de agua, y para ello utilizamos el sistema de bombeo de red compuesto por un variador de frecuencia principal (regula su caudal en función de la necesidad de la red mediante una variación en su frecuencia de trabajo) y dos arrancadores auxiliares (que entregan un caudal constante ya que siempre trabajan a su máximo rendimiento). En la línea 41 del programa simplemente capturamos una variable enviada por el SCADA a través del driver de comunicaciones (como veremos en el próximo apartado) para poner en marcha las bombas, la C1000, y con ella activamos la salida que se encuentra cableada a la marcha del bombeo. En el caso del bombeo no realizaremos ningún tipo de control, ya que la constructora tan sólo nos pide un contacto que cuando se active ponga en marcha el variador de la instalación, el cual ya se encargará de realizar el control necesario de los dos arrancadores auxiliares y suyo propio para conseguir la presión de red necesaria.

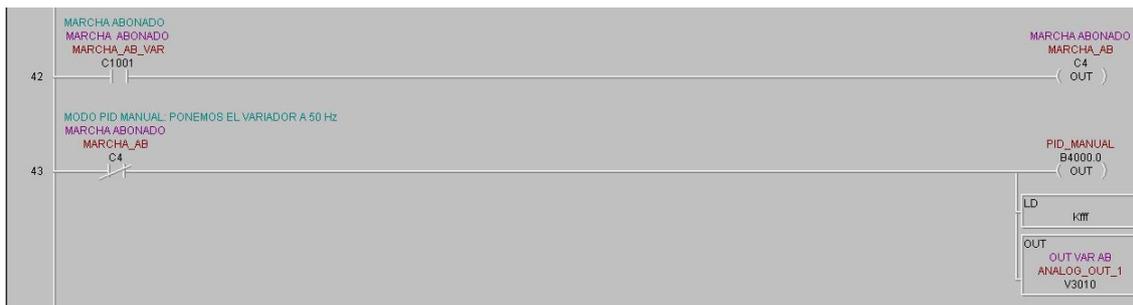


**Ilustración 101: Izda. VARIADOR FRECUENCIA / dcha. ARRANCADORES AUXILIARES CONTROLAN BOMBA DE RED 1 CONTROLAN BOMBAS DE RED 2 Y 3**

En la bibliografía adjunta encontraremos las especificaciones técnicas de estos equipos.



**Ilustración 102: SISTEMA DE BOMBEO DEL CABEZAL 3**



En la siguiente línea, número 42 recibimos otra marca desde el SCADA, la C1001, que como vimos anteriormente se activará cuando habiendo seleccionado la opción de abonado en la pantalla de programación de nuestro SCADA, se cumpla su horario de activación. Esta a su vez activa una C interna, la C4. Cuando la C4 no esté activa dejaremos el control del variador de abonado en modo manual desde su cuadro eléctrico correspondiente, configurando el PID del variador de abonado en modo **manual**, y pasándole una consigna de trabajo de 50 Hz (FFF = 4095, equivale al máximo de esta salida analógica) a través de la salida analógica 1 de nuestro autómatas.

Antes de continuar vamos a ver de manera muy breve que es un PID, ya que así como dijimos que el bombeo de red no debíamos controlarlo, la parte de abonado sí la controlamos en su totalidad.

Un **PID (Proporcional Integral Derivativo)** no es más que un algoritmo o mecanismo de control por realimentación que calcula la desviación entre el valor medido y el valor que queremos obtener, aplicando con ello una técnica de corrección que ajuste el proceso progresivamente. El valor Proporcional determina la reacción del error actual; el integral genera una corrección proporcional a la integral del error, para que el error de seguimiento tienda a cero progresivamente; y el Derivativo determina la reacción del tiempo en el que el error se produce. Gráficamente sería así:

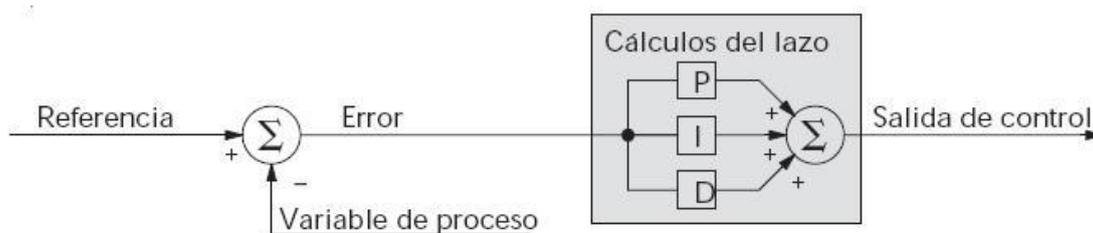


Ilustración 103: PID

Nuestro autómatas es capaz de gestionar hasta 8 controles PID's distintos, y en nuestro caso usaremos uno de ellos para el control constante del abono inyectado en la red en función del caudal instantáneo. El usuario del programa de gestión de riego introducirá un **RATIO** en litros/m<sup>3</sup>, que será la cantidad de litros de abono a inyectar en la red por cada metro cúbico de agua que tengamos. Para esta inyección se utilizan dos bombas de abonado, una controlada con un variador, y la otra trabajando siempre a su máximo de inyección dado que se alimenta con un contactor. Con ello se consigue el mismo propósito que en el bombeo, el variador “afina” la inyección regulando su frecuencia de trabajo (equivalente a la velocidad del pistón de inyección de abono), y cuando se necesita más caudal, se activa la bomba de frecuencia fija (la mencionada con activación por contactor eléctrico) y la de variador baja su frecuencia, actuando de regulador del sistema de inyección.



Ilustración 104: CUADRO ELECTRICO Y VARIADOR DE ABONADO

A continuación veremos la configuración que debemos aplicar a nuestro autómatas para que sea capaz de realizar el control PID.

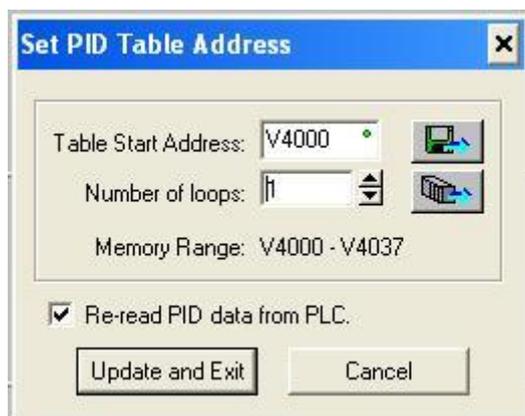


Ilustración 105: Set PID Tabla de direcciones

En primer lugar definimos la zona de memoria que contendrá los parámetros correspondientes al PID, V4000, y el software automáticamente nos reserva hasta la V4037. En el capítulo 8 del manual del Koyo encontramos una tabla en la página 8 en la que nos muestran que contienen estas 32 palabras reservadas por el PLC (de la V4000 a la V4037 hay 32 ya que es direccionamiento octal).

En la primera palabra, la V4000, a nivel de bit tenemos lo siguiente (la siguiente tabla también del capítulo 8 del manual):

Bit	Descripción	Leer/ escribir	Bit=0	Bit=1
0	Pedido de Operación en modo Manual	Escribe	–	Transición de OFF para ON
1	Pedido de Operación de modo Automático	Escribe	–	Transición de OFF para ON
2	Pedido de Operación modo en Cascada	Escribe	–	Transición de OFF para ON
3	Selección de Transferencia Sin saltos	Escribe	Mode I	Mode II
4	Selección de modo de acción Directo o Invertida	Escribe	Directa	Invertida
5	Selección de algoritmo de Posición o Velocidad	Escribe	Posición	Velocidad
6	Selección de PV lineal o raíz cuadrada	Escribe	Lineal	Raíz cuadrada
7	Selección de error lineal o cuadrado	Escribe	Lineal	Cuadrado
8	Selección de habilitar error de banda muerta	Escribe	Deshabilite	Habilite
9	Selección de límite de ganancia derivativa	Escribe	No	Si
10	Selección de "Congelar tendencia"	Escribe	No	Si
11	Selección de operación Ramp/Soak	Escribe	No	Si
12	Selección de supervisión de alarma de PV	Escribe	No	Si
13	Selección de alarma de desvío de PV	Escribe	No	Si
14	Selección de alarma de tasa de cambio del PV	Escribe	No	Si
15	PID trabaja independientemente de la CPU	Escribe	Con RUN	Independiente

Su bit 0 pone el PID en modo manual (como ya vimos en la fila 43 del programa) y su bit 1 lo pone en automático.

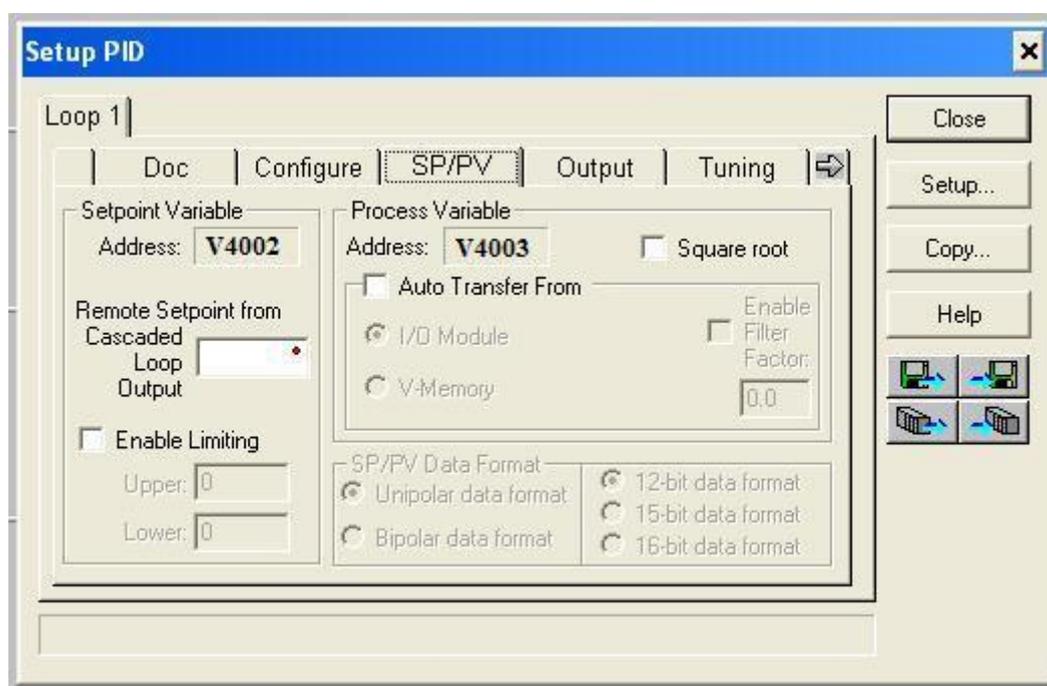


Ilustración 106: Setup PID

En esta pestaña le definimos cual es la dirección del Valor de Proceso ó Process Value PV, que es la V4003, y también la dirección de memoria del Setpoint Variable ó SV, en la V4002, que no es más que la consigna a seguir.

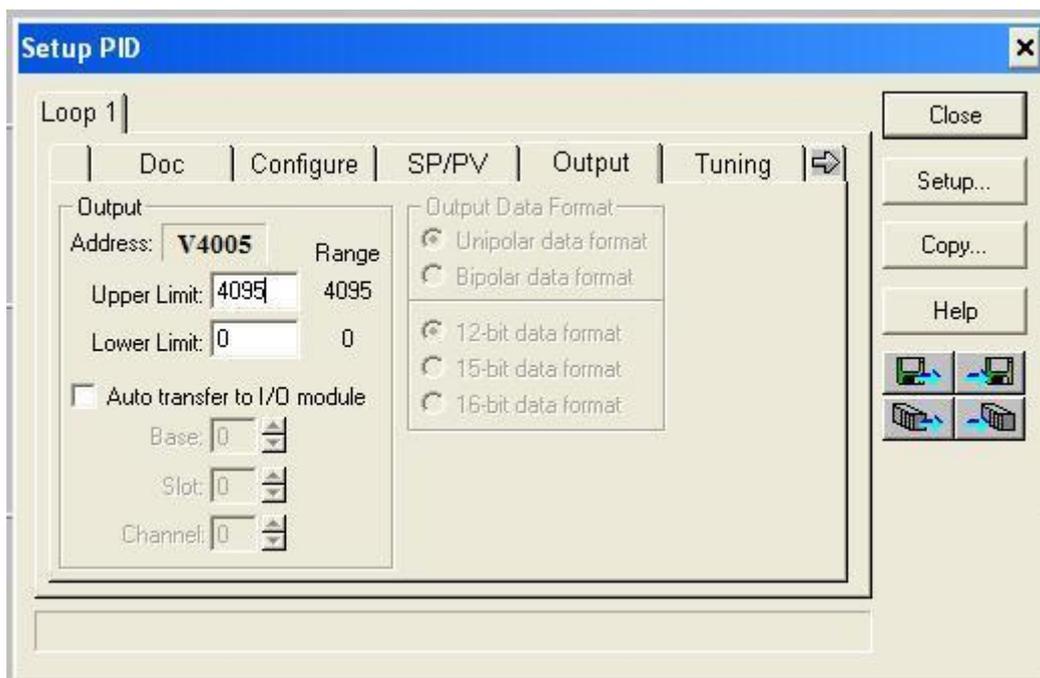


Ilustración 107: Setup PID 2

En la siguiente opción de configuración de nuestro PID, simplemente le definimos la posición de memoria donde el algoritmo colocará la salida en cada instante, para pasarla al autómeta y así ir ajustando la inyección de abono en cada momento. Además le definiremos los límites de la variable para que los interprete en la misma escala que el variador de abonado, siendo el límite superior 4095 y el inferior 0.

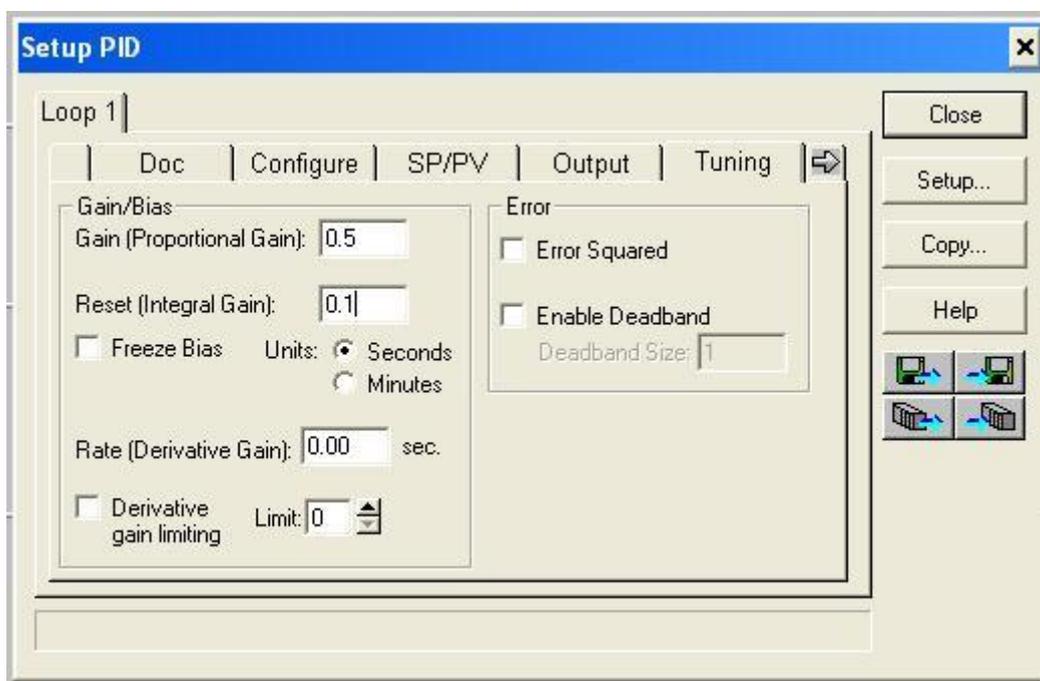


Ilustración 108: Setup PID 3

Y por último configuraremos dos parámetros que se obtienen a base de pruebas con el sistema en funcionamiento para que el PID tenga una respuesta ni muy lenta ni muy rápida, y tampoco muy brusca.

En nuestro caso la variable de proceso (PV, del inglés Process Value) es la presión de red en cada instante, la señal de consigna (SP, del inglés Set Point) es la consigna de presión o presión de red deseada y la salida de control (OUT, o CV, OUTPUT o Control Value, respectivamente y en inglés) es la frecuencia de trabajo del variador. La acción de control intentará que la diferencia entre la consigna SP y el valor de proceso PV se mínima e incluso nula; para ello se dispone de un bloque PID que en función de unos parámetros de ajuste internos variará la salida OUT de manera que así sea.

Las siglas PID, provienen de los tres parámetros de ajuste más importantes del citado bloque, que son a saber, la ganancia proporcional (P), el tiempo integral (I) y el tiempo derivativo (D). La acción P va a generar una salida de control proporcional al error entre SP y PV.

Para un error dado entre SP y PV, si el bloque PID trabaja con Ganancia proporcional, cuanto mayor sea el valor aquí introducido mayor será la acción de control. Por el contrario, si el bloque PID trabaja con Banda Proporcional, la acción de control será mayor cuanto menor sea el valor del dato introducido para este campo.

La acción I va a producir un cambio de la acción de control en el tiempo, es decir, va a hacer que la acción de control varíe en sentido ascendente o descendente aunque el error entre el SP y el PV sea el mismo. Al igual que en el caso anterior hay dos tipos de tiempos integrales, uno viene dado en repeticiones por minuto y otro en minutos por repetición y al igual que en el caso anterior, uno es inverso del otro.

La acción D va a variar la acción de control en función de la velocidad del proceso, esto es en función de la velocidad con que crece o decrece el error entre SP y PV.

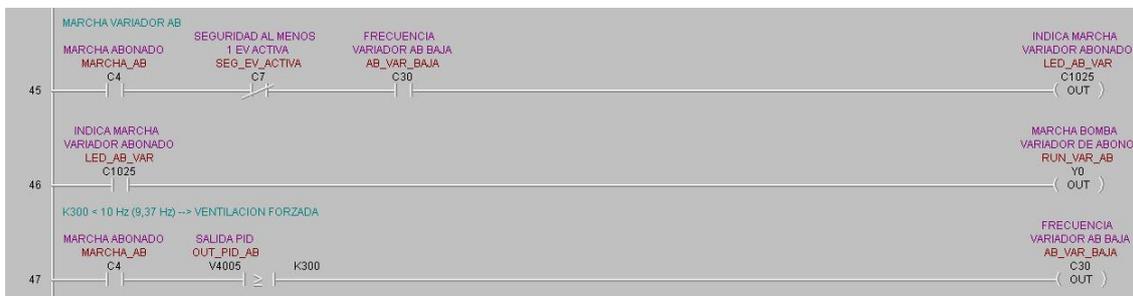
Estas tres variables se definen en inglés como GAIN, RESET y RATE respectivamente, que son las que veíamos en la figura anterior. Los parámetros explicados son los básicos de todo lazo de regulación, aunque muchos fabricantes incluyen además de estos, otros con la idea de adecuar la PID al proceso requerido de tal modo que la acción de control sea la correcta. Muchos bloques PID disponen de una función llamada autotuning que busca los parámetros idóneos de regulación para el proceso que estén controlando de manera automática, pero nosotros los configuramos manualmente a través de pruebas varias de funcionamiento.

Unos buenos valores de PID tienen que conseguir que el proceso esté estable sin castigar excesivamente la válvula de control. El ajuste manual de estos valores conlleva el conocimiento del proceso y armarse de paciencia.

Una vez explicado brevemente el proceso de PID, y resumiendo ya para nuestro funcionamiento concreto, el usuario introducirá un RATIO en [(litros abono)/ m<sup>3</sup> agua red], el autómatas evaluando el caudal instantáneo en [m<sup>3</sup>] y conociendo dicho RATIO, aplicará un algoritmo de PID y le introducirá la frecuencia de trabajo al variador de abonado para obtener la consigna deseada en litros de abono inyectados. Veamos el programa de autómatas encargado de todos los pasos descritos:



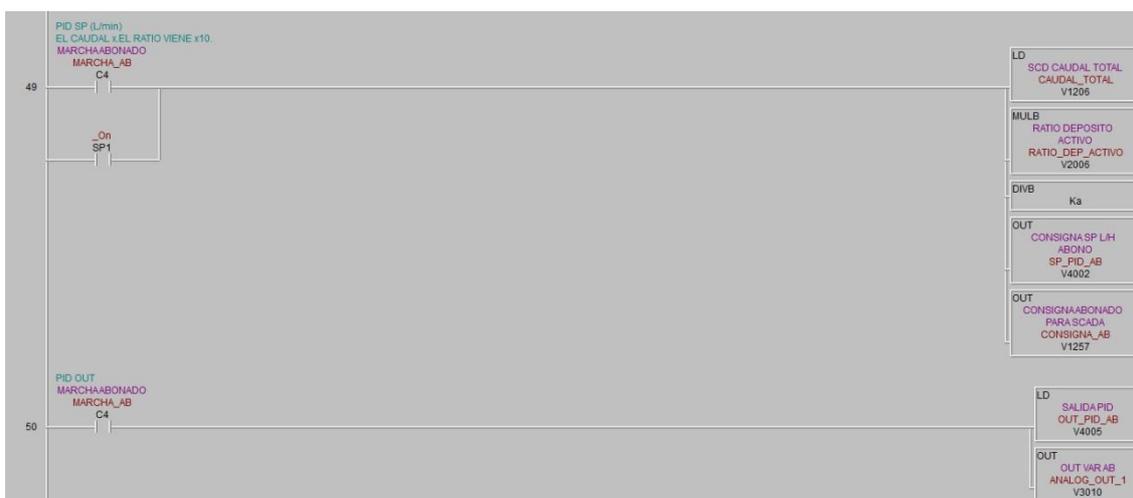
Primero ponemos el PID en modo automático activando el Bit 1 de la palabra V4000 (como ya sabemos) para que el autómatas realice sus cálculos del algoritmo del PID.



Comprobamos que al menos una electroválvula de algún tanque de abonado esta activa, y por tanto la bomba de abonado no trabajará en vacio, lo cual provocaría su rotura. También comprobamos que la frecuencia de trabajo calculada por el autómatas no sea inferior a unos 10 Hz, ya que esto provocaría un calentamiento en exceso que podría dañar su funcionamiento. Y si todo lo anterior se cumple, excitamos la salida Y0 del autómatas que esta cableada al contacto de marcha del variador de abonado.



El mencionado parámetro Process Value no es más que el caudal instantáneo de abonado en litros/minuto, y se está actualizando continuamente en el autómatas para que lo aplique a sus cálculos de PID (el comando SP1 está activo en todo momento).

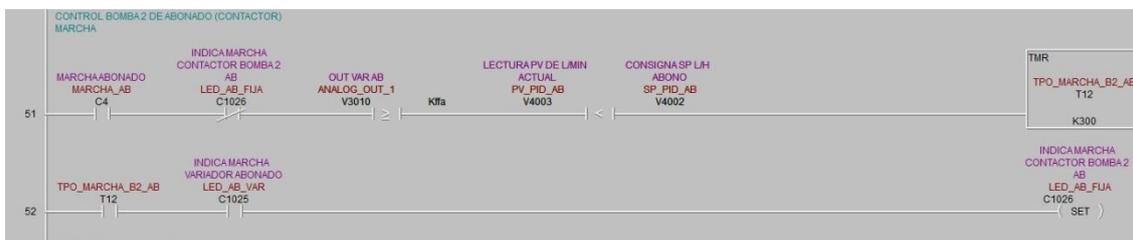


Aquí realizamos el cálculo de la consigna que debe inyectar el variador de abonado, es decir, el llamado SetPoint del algoritmo de PID. Además lo dividimos por

10 (en hexadecimal A) ya que el ratio el usuario lo introduce multiplicado por 10 para evitar decimales; el resultado se almacena en la V4002 (como vimos ya, dirección del SP del PID) y también en la V1257, que será la que se mostrará en pantalla del SCADA como consigna de abonado a seguir. Todo esto no es más que:

$$\text{CAUDAL RED [ m3 ] * RATIO [ litros_abono / m3 ] = SP [ litros abon ]}$$

Seguidamente, al igual que hacíamos con el PV, introducimos el valor de la salida del PID en la salida analógica 1 de nuestro autómatas, que irá cableada al variador, dándole en todo momento el valor de la frecuencia de trabajo a la que tiene que operar. Como ya hemos mencionado, esta analógica será una señal de intensidad de 4 a 20 mA, que en el autómatas se corresponde con un escalado de 0 a 4095.



Cuando el variador funcionando a máxima frecuencia durante 30 segundos (K300) no es capaz de suministrar el caudal de abono adecuado, necesitamos el arranque de la bomba fija, es decir, una bomba que se activa con un contactor (y no un variador), la cual funciona en todo momento a su frecuencia máxima, y por tanto su caudal máximo. En este momento, la que actúa de regulador de caudal será la controlada por el variador, amortiguando su frecuencia si es necesario. La línea 51 y 52 implementa el funcionamiento anterior, y la marca C1026 será un led de la pantalla del SCADA que indicará la activación de la mencionada bomba fija o bomba con contactor.



El paro de la citada bomba fija (frecuencia de funcionamiento fija o constante) se produce desactivando la marca C1026 (reset = RST, equivale a poner la marca a 0 ó desactivarla), ya que como vemos en la línea 54, dicha marca es la que activa la salida Y12 del autómatas, que estará cableada al mencionado contactor de activación de la bomba fija. Las condiciones que dan el reset de la marca son:

- que el variador vaya a frecuencia menor de 32 Hz (Ka3c = 2620, 4095 son 50 Hz, 2620 son 32 Hz) y la consigna de abonado sea menor que 750 litros/hora (lo cual sería

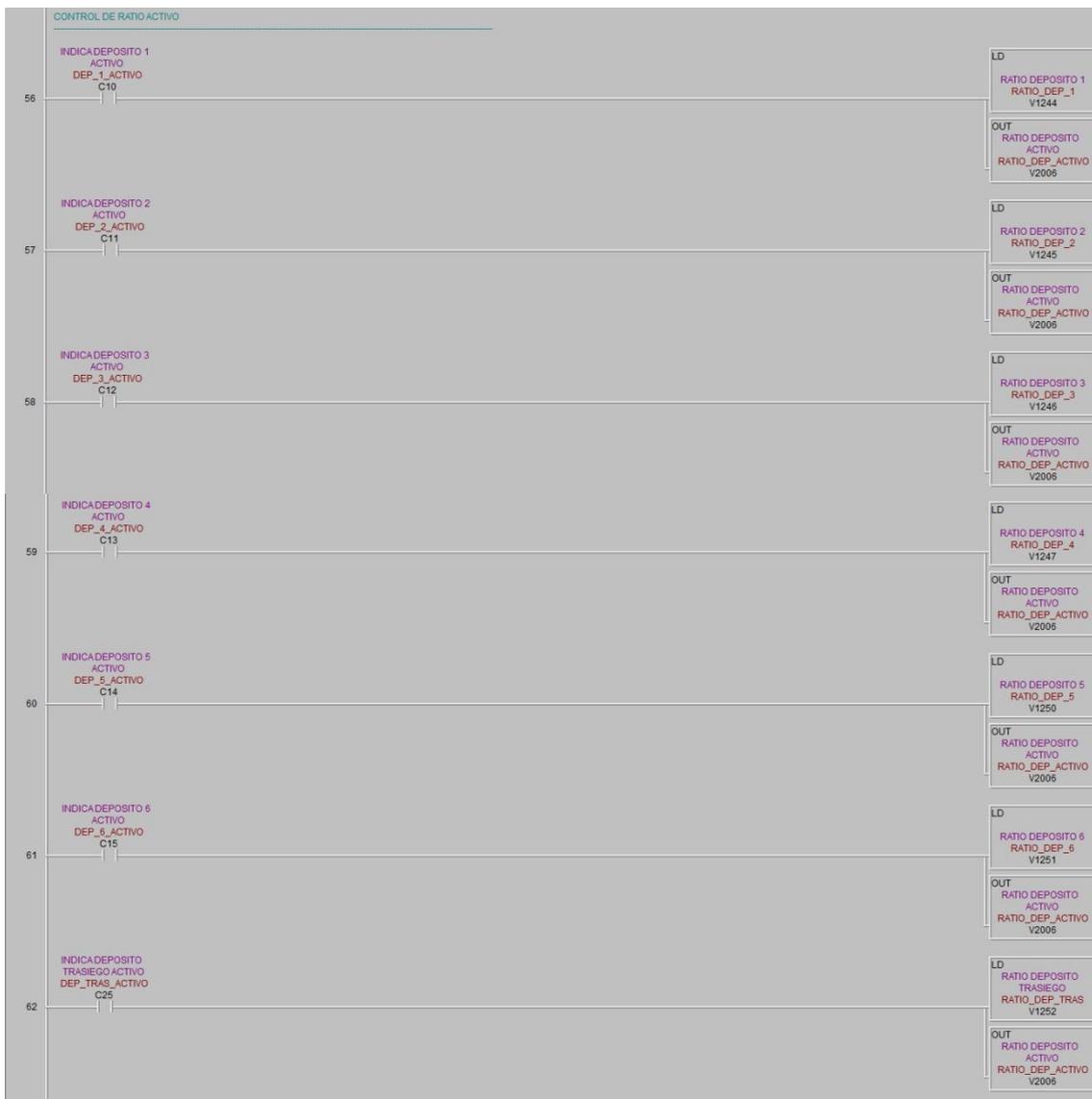
capaz de inyectarse sin necesidad de la bomba fija, solo con la controlada por el variador). Es decir, que no sea necesaria la activación de las dos bombas de abonado.

- que se pare el variador, que es quien controla la secuencia de abonado “bomba con variador-bomba fija”.

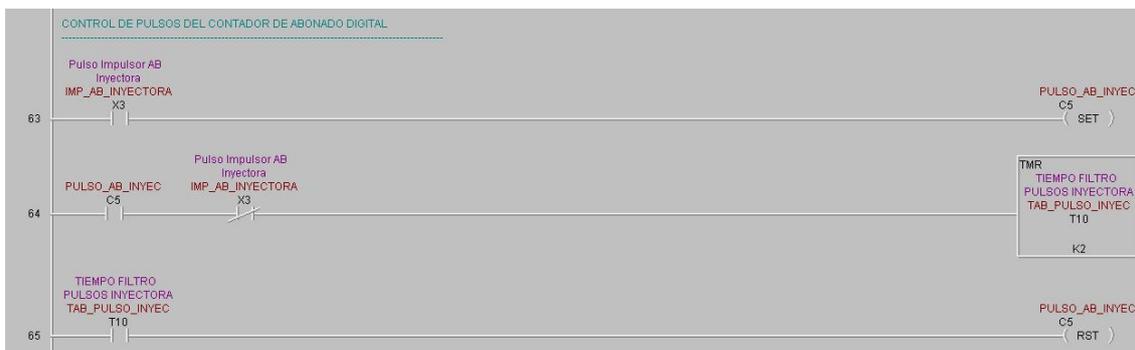
- que se deshabilite el abonado.



Antes del contactor de marcha de la bomba fija, se instala un guardamotor, que en caso de avería cerrará el contacto que se encuentra cableado a la entrada X4 del automático, activando a su vez la marca C1027 que se corresponderá con la avería de la bomba fija para ser mostrada en el SCADA.

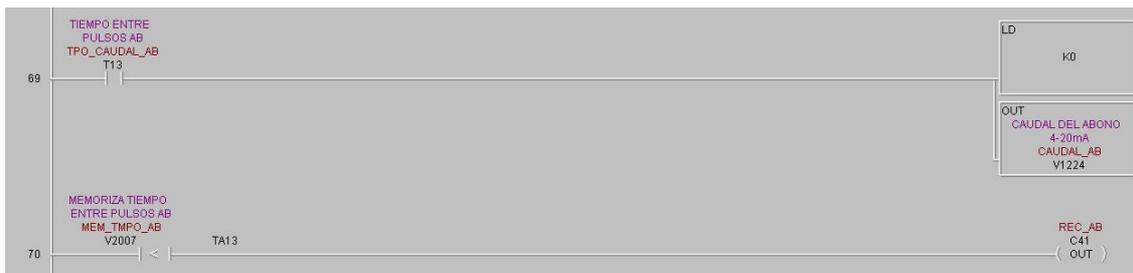


En esta sección se almacena el ratio del depósito que se encuentre activo en la variable V2006 que como vimos se utilizó para el cálculo de la consigna de inyección de abono. Las marcas C10, C11, C12, C13, C14, C15 y C25 se activarán según lo que veremos posteriormente (a partir de la fila 95 hasta la 101) y simplemente indican que depósito se encuentra activo en cada momento. Por otro lado, las posiciones de memoria V1244, V1245, V1246, V1247, V1250, V1251 y V1252, son respectivamente los ratios introducidos por el usuario en la correspondiente pantalla de los depósitos de abonado del SCADA.



Al igual que se realizó con los dos contadores de agua de la red al principio del presente programa, aquí procederemos al cálculo de caudal de inyección de abono. Para ello, el impulsor del contador de abonado se encuentra cableado en la entrada X3 de nuestro autómatas, y con ello, tras filtrar los posible microrrebotes ( $K2 = 0,2$  segundos), obtendríamos los pulsos de caudal (1 pulso por cada litro que pasa por el contador).

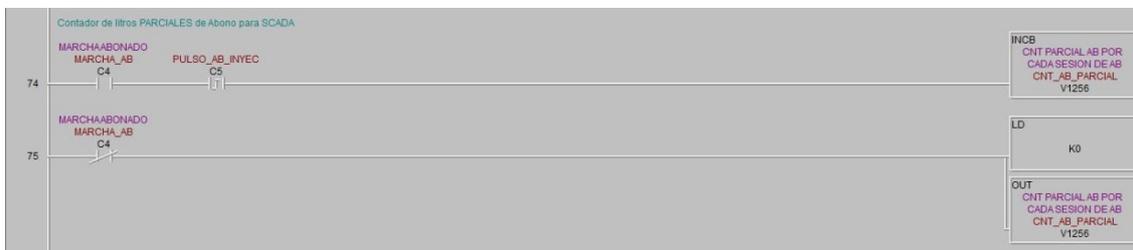




Del mismo modo que hicimos con el caudal de red, ahora procedemos a calcular el caudal de abono que se inyecta, sin más que cronometrar el tiempo entre dos pulsos del contador de abonado (equivalente al tiempo que transcurre en la inyección de un litro de abono), y con el obtener el caudal en litros de abono por hora. Además, dicho caudal queda almacenado en la posición de memoria V1224, para visualizarlo en el SCADA mediante el driver de comunicaciones (como veremos más adelante).



Para la visualización en el SCADA de un contador total de litros de abono inyectados en la red, como antes, dividimos el contador en dos: parte baja y parte alta, ambas de cuatro dígitos, quedando almacenada la parte baja en la posición de memoria V1254 y la alta en la V1255.



A su vez, mostraremos también en el SCADA un contador de litros parciales de abono, para que el usuario pueda ponerlo a cero en cualquier momento sin afectar al contador total, realizando un control puntual de consumo de abono. Este valor quedará almacenado en la posición de memoria V1256.



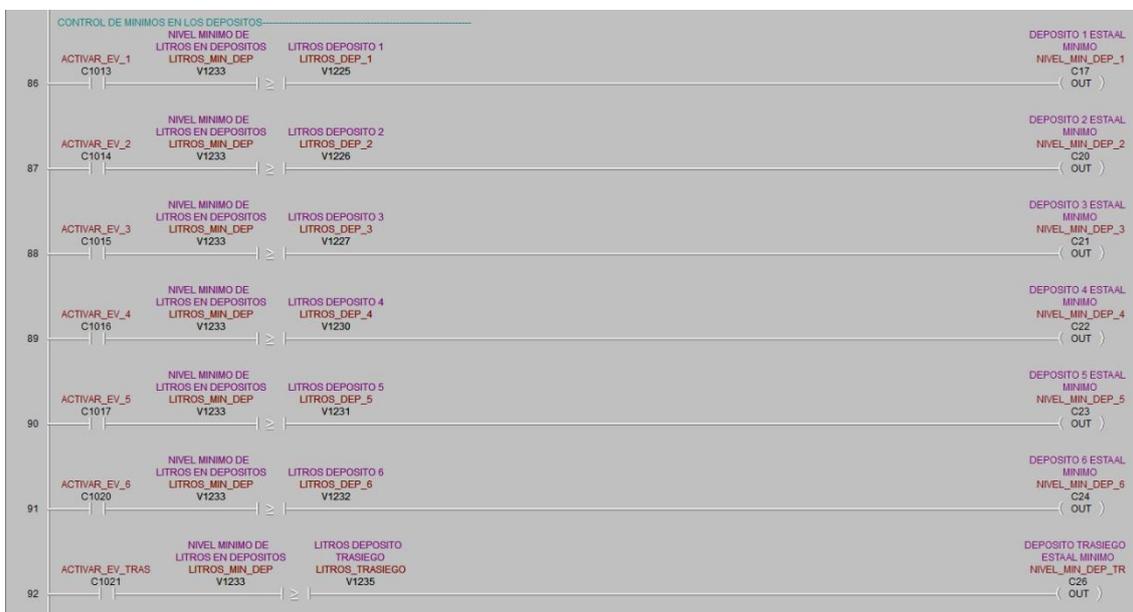
Como sabemos, la inyección de abono se puede realizar de forma directa desde uno de los 6 tanques existentes, o bien, trasegando cantidades desde estos a un depósito de mezclado o trasegado. Para ello, existe un contador de entrada al tanque de trasiego, que como vemos en este fragmento de programa, tiene cableado su impulsor a la entrada X2 de nuestro autómeta. Con ello filtramos un pulso que tendremos en la marca C16.



Tanto si el pulso es hacia el depósito de trasiego (C16), como si es inyectado a la red directamente desde uno de los 6 depósitos (C5, recordemos, pulso de inyección abono en red), habrá que restar un litro convenientemente en el depósito correspondiente. Esto se realiza con la orden DECB sobre la dirección de memoria elegida. Las marcas C1013, C1014, C1015, C1016, C1017 y C1020, indican que tanque tiene su electroválvula de salida abierta.

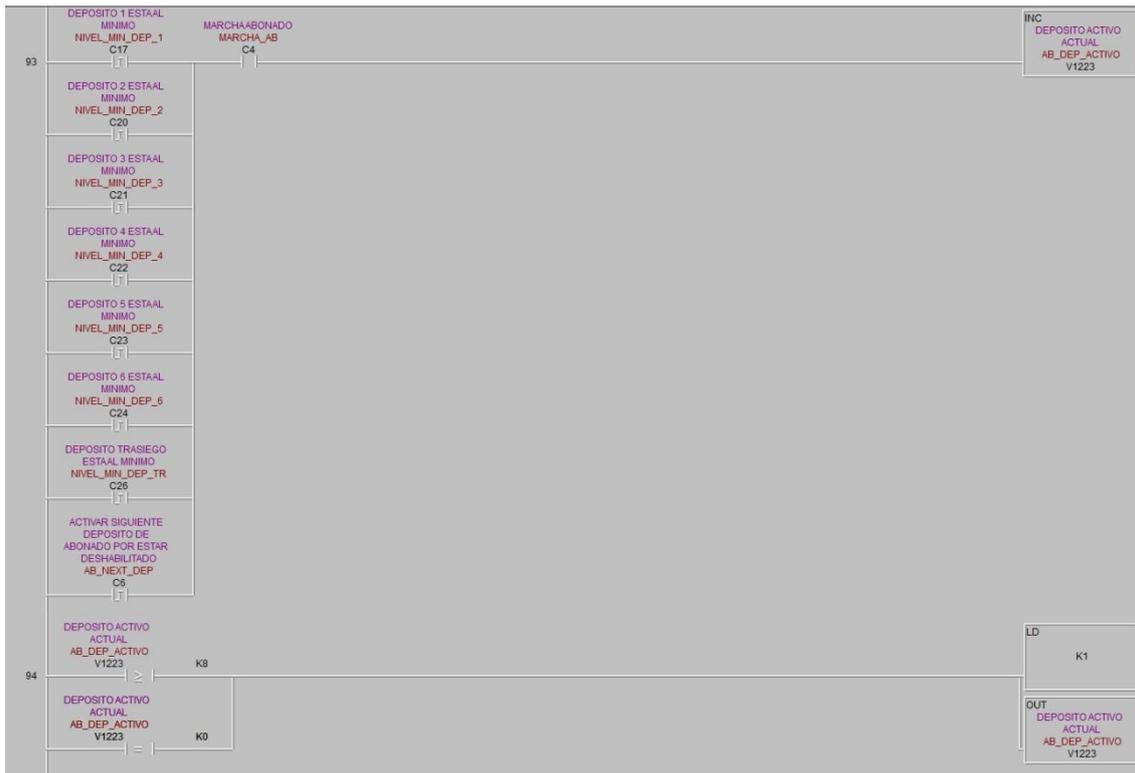


Evidentemente, tras realizar un mezclado de abono desde varios depósitos en el de trasiego, la inyección se realizará desde el citado depósito de trasiego, restándole un litro cada vez que se inyecte uno en la red.

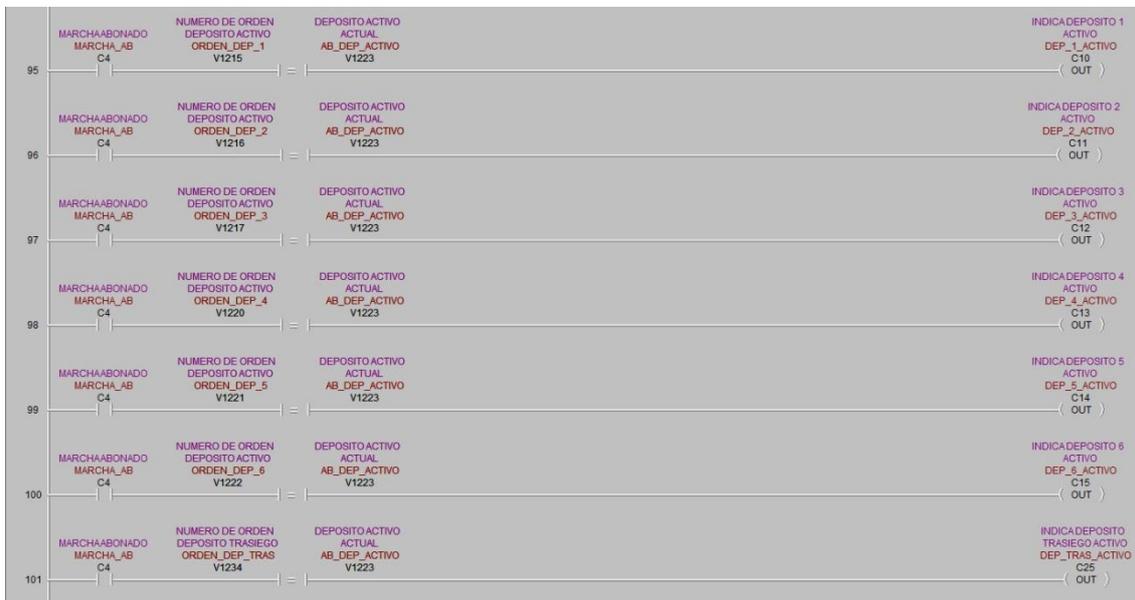


Por cuestiones de seguridad, en la pantalla del SCADA correspondiente al abonado, se ha colocado una ventana de NIVEL MINIMO de los 6 tanques y del de trasiego, en la que el usuario introduce el valor en litros que se considerará como litros mínimos en los tanques, para no dejarlos vacios y deshabilitar su uso hasta su próximo relleno. Esto se llevará a cabo con la comparación de litros actuales en el tanque respecto a litros establecidos como nivel mínimo, y evaluando si su electroválvula de salida se encuentra activa también. Con ello, internamente activaremos una marca (C17, C20, C21, C22, C23, C24 y C25, respectivamente) cada vez que se produzca una situación de nivel mínimo en uno de los tanques, que como veremos seguidamente nos servirá para realizar las siguientes instrucciones de nuestro programa.

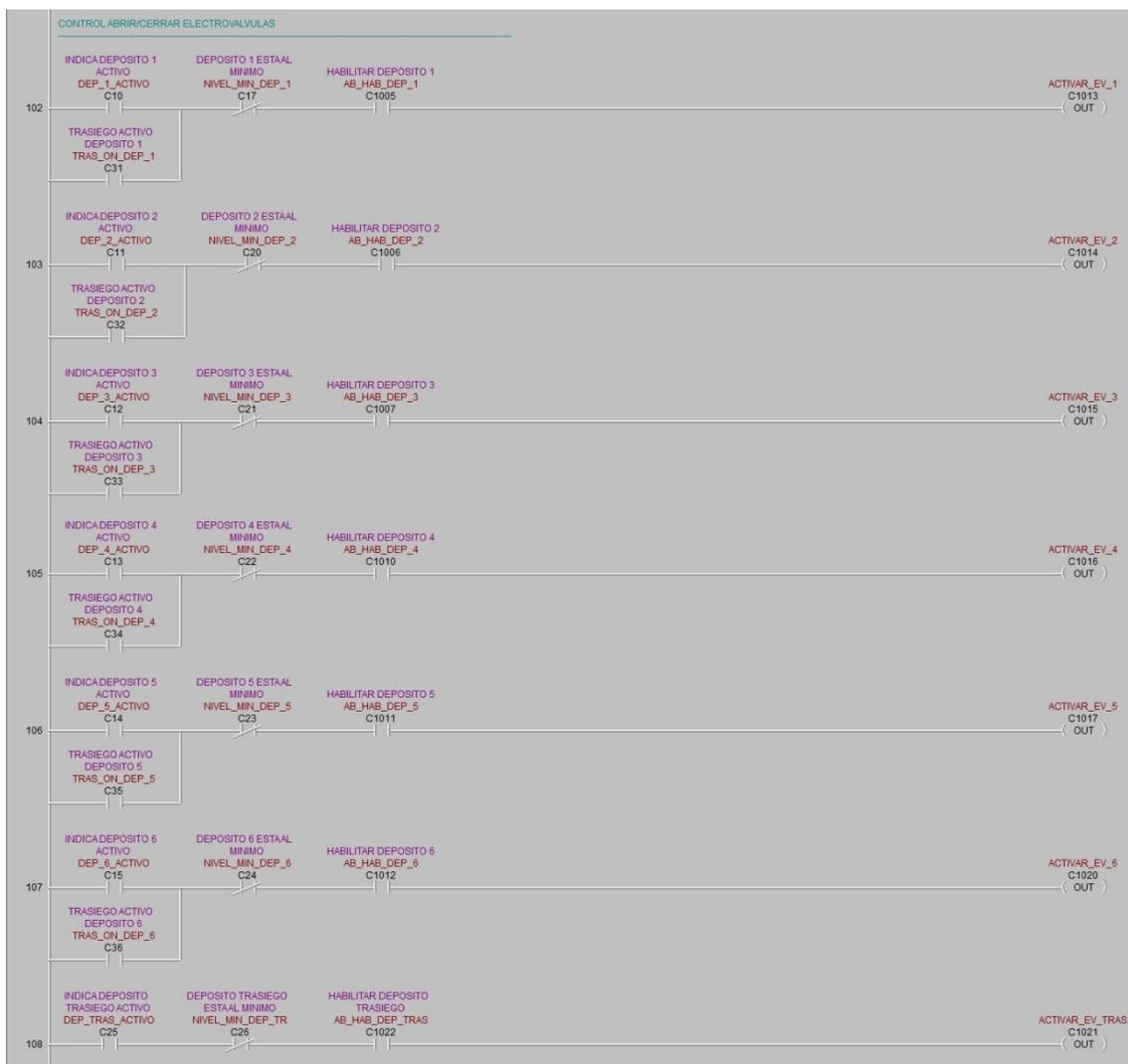
SISTEMA DE AUTOMATIZACION Y TELECONTROL PARA LA MODERNIZACIÓN DEL RIEGO DE LAS ZONAS 3 Y 4 DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DE LA SAFOR



Con la activación de las marcas de mínimo anteriores incrementaremos un contador que nos indicará que deposito se encuentra activo en cada momento, almacenando esta información en la posición de memoria V1223 de nuestro autómata. Como vemos en la fila 94 este valor estará comprendido entre 1 y 7, siendo 7 el correspondiente al depósito de trasiego.



En esta parte del programa, activamos unas marcas que identificarán que depósito se encuentra activo (C10 a la C15 para los 6 tanques, y C25 para el de trasiego), lo cual se utilizó en las filas 56 a la 62 para controlar que ratio debíamos utilizar, y también veremos que se usa en las siguientes filas de programa.



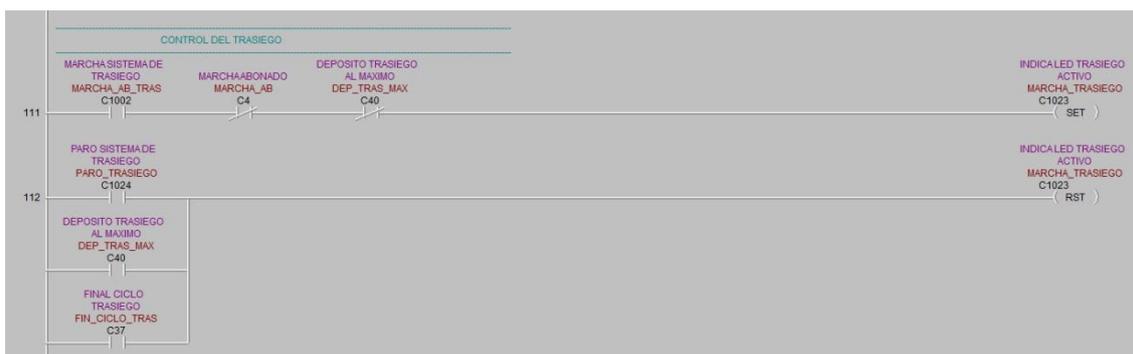
Evaluando las marcas anteriores, en esta sección, lo que hacemos es activar unas marcas (C1013, C1014, C1015, C1016, C1017, C1020 y C1021) que permiten la habilitación de la electroválvula de salida de cada tanque, lo cual se utilizó como ya vimos en filas anteriores, y que veremos que en filas posteriores del programa se usará para activar las salidas que accionen eléctricamente las electroválvulas de salida de cada tanque.



La marca C7 se pondrá a 1 solo cuando ninguna de las electroválvulas de los tanques este activa, y por tanto bloquearía el uso de las bombas de abonado por temas de seguridad, lo cual nos fue útil en la fila 45, y como veremos nos será útil también más adelante.



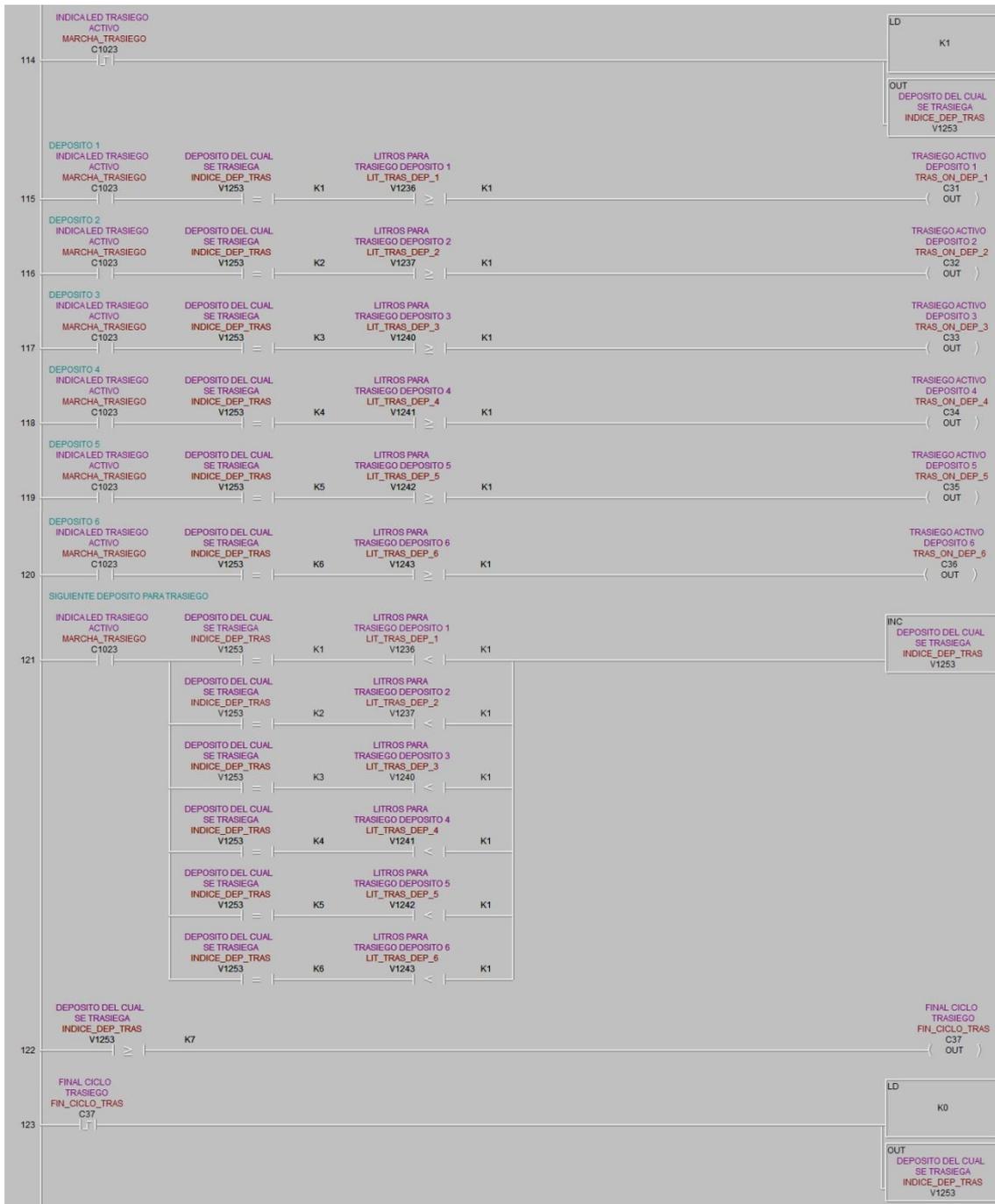
Como vimos en la fila 93 para incrementar el valor que contenía que depósito se encontraba activo, una de las condiciones era el flanco de subida de la variable C6. Dicha variable pasará del estado 0 al 1 cuando se deshabilite el depósito al que le tocaba.



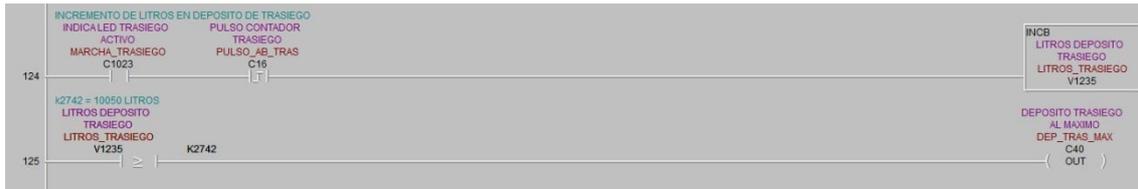
Desde estas filas hasta el final del programa se llevará a cabo el control total del trasiego ó proceso de mezcla de los tanques de abono. La marca C1023 será la que tendremos representada en nuestro SCADA con un led que nos indicará cuando se está ejecutando el proceso de trasegado. Por tanto, se activará cuando este habilitado el trasiego (C1002 a 1, proviene del SCADA) y no estemos inyectando abono en la red de riego (C4 a 0 también proveniente del SCADA), además de que el depósito de trasiego no se encuentre al máximo (C40 a 0). El led indicador de trasiego se desactivará cuando se pare el trasiego desde el SCADA (C1024 a 1) ó el depósito de trasiego alcance su máximo (C40, lo veremos más adelante) ó se produzca el fin del ciclo de trasiego establecido por el usuario (C37).



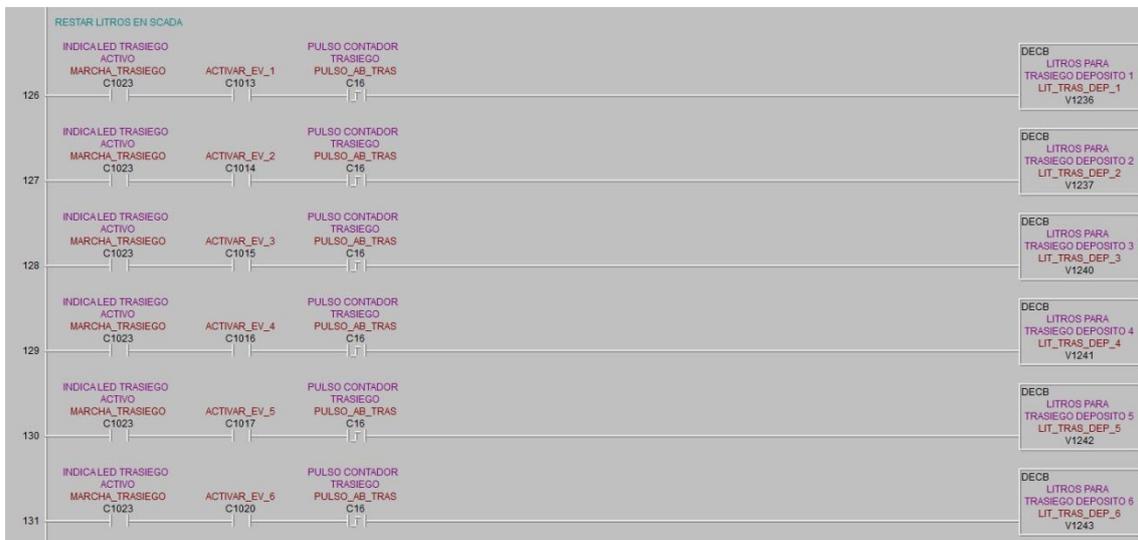
Una vez cumplidas las condiciones para que el trasiego se ejecute y comprobando que existe al menos una electroválvula activa (por seguridad), activamos la salida Y1 del autómeta, que se encontrará cableada al relé correspondiente que arrancará la bomba de trasegado.



Si recordamos, a partir de la línea 102 vimos la activación de la electroválvula correspondiente a cada tanque en función de una marca C31, C32, C33, C34, C35 y C36. En esta sección de programa llevamos a cabo la activación de las citadas marcas. En la posición de memoria V1253 almacenamos el tanque al que le toca inyectar litros al trasiego, y evaluamos si el usuario le ha introducido una cantidad a trasegar mayor que 1, si es así, excitamos su correspondiente marca. Así recorreremos todos los tanques hasta completar la secuencia de trasiego. Entonces activamos la marca de fin de trasiego C37 y volcamos un 0 a la posición de memoria V1253, para que cuando corresponda, volvamos a empezar la secuencia.



Si el trasiego esta activo (C1023), cada pulso del contador de trasiego que reciba (equivalente al paso de un litro de abono entrando al depósito de trasiego) deberá incrementar en uno la cantidad de litros que contenga el depósito de mezclado. Como su capacidad total son 10050 litros (lo cual en hexadecimal se corresponde con 2742), cuando esto suceda, activaré la marca C40 indicando que el depósito se encuentra al máximo, parando su entrada de abono como vimos en la línea 112.



Mediante el conteo de pulsos por parte del contador de trasiego, también decrementaremos la cantidad de cada tanque cuando su electroválvula se encuentre activa, mostrándolo en el SCADA mediante las variables ya mencionadas V1236 a la V1243.



Como ya sabemos, cada marca de activación de una electroválvula debe activar una salida en el autómata para que eléctricamente se realice la acción correspondiente. Las salidas Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y7 e Y10 se encuentran convenientemente cableadas a cada electroválvula.



Y como todo programa de KOYO, se debe finalizar con la instrucción END.

Como hemos podido observar en toda esta estructura, continuamente estamos saltando de una parte a otra de programa, tanto hacia delante como hacia detrás, como si de la ejecución de rutinas y subrutinas se tratase, esto es debido a que la ejecución del programa completo se produce de arriba abajo y de izquierda a derecha, todo ello en fracciones de segundo muy pequeñas (tiempo Scan), y solo se procederá a la activación de las salidas al final de la ejecución completa, evitando así cualquier tipo de conflicto, a la par que será imperceptible para nosotros en cuanto a retardos temporales. Debemos ser precavidos a la hora de programar, teniendo siempre presente esta forma de ejecución del programa por parte del autómata, para no obtener resultados indeseados.

## 7.2. CABEZAL 4

En cuanto al Cabezal 4 hay poco que destacar. Es idéntico al 3 en todo, tanto en el sistema de bombeo como en el filtrado y abonado. También tiene instalados 2 concentradores puesto que, como ya sabemos, controla un número similar de hidrantes al Cabezal 3 (en concreto controla un mayor número de hidrantes que el 3 por proximidad). La única característica que diferencia ambos cabezales es que, como en el Cabezal 3 está el PC de control y en el 4 no existía ningún equipo de visualización, en un primer momento se pensó en que sería interesante que en el 4 accediésemos de manera rápida a la información de presiones de antes y después de filtros así como al caudal instantáneo circulante en dicho cabezal sin necesidad del PC de control; para ello se instaló una pantalla táctil a color de la marca ESA, modelo VT-656w, encastrada en la puerta de nuestro cuadro eléctrico.



**Ilustración 109: PANTALLA TACTIL MULTICOLOR ESA VT 565 W**

Las características de la mencionada pantalla son:

- Resolución 320 x 240.
- 8 niveles de gris / 256 colores STN.
- Alarmas, contraseñas y recetas.
- Uso de fuentes Windows.
- Importación de archivos gráficos en cualquier formato.
- Desplazamiento de objetos gráficos.
- Impresión por puerto serie.
- Un controlador individual desplaza los datos de un dispositivo a otro.
- Profibus-DP y CAN integrados.
- Ethernet 10/100 integrada

Mediante un sencillo software de programación le daremos la apariencia gráfica a la pantalla y la asignación de variables a visualizar, quedando la imagen siguiente en la pantalla:



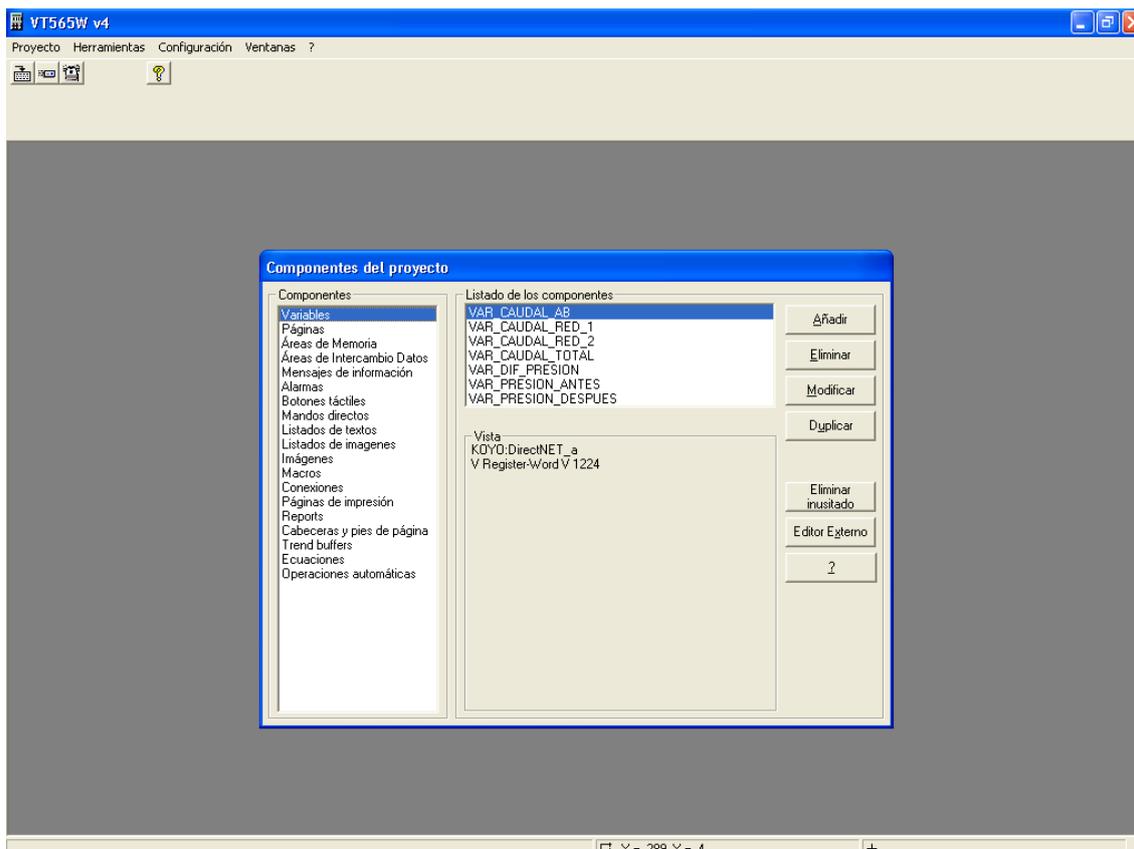
Ilustración 110: Captura de Pantalla Táctil

Como ya mencionamos, la visualización en pantalla contempla simplemente los siguientes datos:

- CAUDALES:
  - RED 1: caudal instantáneo en m<sup>3</sup>/h del ramal 1 del cabezal 4.
  - RED 2: caudal instantáneo en m<sup>3</sup>/h del ramal 2 del cabezal 4.
  - TOTAL: suma de los dos valores anteriores.
  - CAUDAL ABONO: caudal instantáneo total de abono en litros/h.

- **PRESIONES:**
  - **ANTES:** presión antes de filtros medida en bares.
  - **DESPUES:** presión después de filtros medida en bares.
  - **DIFERENCIA:** valor resultante de restar **PRESION\_DESPUES** – **PRESION\_ANTES**, o lo que es lo mismo, diferencia de presión en el filtrado del Cabezal 4.

Para introducir los valores anteriores, en el software nos encontramos la siguiente pantalla:



**Ilustración 111: Variables programa pantalla táctil**

En la pantalla de variables y mediante el botón añadir, definiremos consecutivamente las variables mencionadas; en la visualización anterior vemos que la variable CAUDAL DE ABONADO, o lo que es lo mismo, la definida como VAR\_CAUDAL\_AB, correspondía con la dirección de memoria V1224 de nuestro PLC KOYO 06, y así sucesivamente con todas las variables.



## 8. Comunicación entre SCADA y PLC.

La comunicación entre el PC de control, en el que se está ejecutando un SCADA, y el autómatas se lleva a cabo mediante la implementación de un driver de comunicaciones basado en el protocolo MODBUS, concretamente en su variante RTU. Este driver se programó en VISUAL BASIC .NET. Modbus se usa para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota ([RTU](#)) en sistemas de supervisión y adquisición de datos ([SCADA](#)).

MODBUS es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del modelo OSI. Fue desarrollado por Modicon para la comunicación entre PLC's y está basado en la arquitectura maestro/esclavo. En nuestro caso, el maestro será claramente el PC y los esclavos serán todos los equipos de los cabezales (concentradores y PLC's).

El protocolo MODBUS establece cómo los mensajes se intercambian de forma ordenada y la detección de errores. Modbus RTU es una representación binaria compacta de los datos. Modbus ASCII es una representación legible del protocolo pero menos eficiente. Ambas implementaciones del protocolo son serie. El formato RTU finaliza la trama con un suma de [control de redundancia cíclica](#) (CRC). Cada dispositivo de la red Modbus posee una dirección única (de la 1 a la 247). Cualquier dispositivo puede enviar órdenes Modbus, aunque lo habitual es permitirlo sólo a un dispositivo maestro. Cada comando Modbus contiene la dirección del dispositivo destinatario de la orden. Todos los dispositivos reciben la trama pero sólo el destinatario la ejecuta (salvo un modo especial denominado "Broadcast"). Cada uno de los mensajes incluye información redundante que asegura su integridad en la recepción. Los comandos básicos Modbus permiten controlar un dispositivo RTU para modificar el valor de alguno de sus registros o bien solicitar el contenido de dichos registros. Como se puede ver, la secuencia básica en las comunicaciones MODBUS consiste siempre en una trama de pregunta, seguida de su correspondiente trama de respuesta:

- *Pregunta:* con el código de función que indica al esclavo que operación ha de realizar, y los bytes necesarios ( datos, comprobación ... ) para su ejecución.
- *Respuesta:* con la confirmación o datos resultantes de la ejecución de la función.

Vamos a analizar la estructura de la trama MODBUS. En modo RTU los bytes se envían en binario, tal cual, es decir, sin codificación. En modo RTU no se utiliza indicador ni de principio ni de final de trama.

Veamos una tabla descriptiva rápida:

#### CARACTERISTICAS MODBUS RTU

Caracteres	Binario 0...255
Comprobación de Error	CRC Cyclic Redundancy Check
Inicio de trama	3,5 veces tiempo de carácter
Final de trama	3,5 veces tiempo de carácter
Distancia máx. Entre caracteres	1,5 veces tiempo de carácter
Bit de inicio	1
Bits de datos	8
Paridad	Par/Impar/Ninguna
Bits de Parada	1 si hay paridad, 2 si ninguna

Así pues los campos de la trama MODBUS RTU está compuesta de los siguientes campos:

- Inicio de trama: 3,5 tiempo de carácter.
- Número de esclavo: 1 byte, con la dirección del esclavo de destino o de origen de la trama.
- Código Operación o Función: 1 byte, indica el tipo de operación que queremos realizar sobre el esclavo. Las operaciones pueden ser de dos tipos:
  - De lectura/escritura en memoria.
  - Órdenes de control del esclavo.

Es también mediante el código de función que el esclavo confirma si la operación se ha ejecutado correctamente o no. Si ha ido bien responde con el mismo código de operación que se le ha enviado, mientras que si se ha producido algún error, responde también con el mismo código de operación pero con su bit de más peso a 1 ( 0x80 ) y un byte en el campo de datos indicando el código de error que ha tenido lugar.

- Dirección, datos y subfunciones, n bytes: Este campo contiene la información necesaria para realizar la operación indicada en el código de operación. Cada operación necesitará de unos parámetros u otros, por lo que el número de bytes de este campo variará según la operación a realizar. En el caso del esclavo, este puede responder con tramas con o sin campo de datos dependiendo de la operación. En los casos en que se produzca algún error es posible que el esclavo responda con un byte extra para especificar el código de error.
- CRC, 2 bytes: Para calcular el CRC se carga un registro de 16 bits todo con '1's , se hace OR con cada uno de los caracteres de 8 bits con el contenido de cada byte y el resultado se desplaza una bit a la izquierda insertando un 0 en la posición de menos peso ( la de la derecha ). El de la izquierda se extrae y se examina: si es 1 se vuelve a hacer OR con un valor prefijado, si es 0 no se hace ninguna OR... y el proceso se repite hasta que se han hecho los 8 shifts del byte.

Así pues, como vimos en el apartado 6.1. existía una carpeta denominada DRIVERS, en cuyo interior tenemos todo lo necesario para las comunicaciones mediante protocolo Modbus:

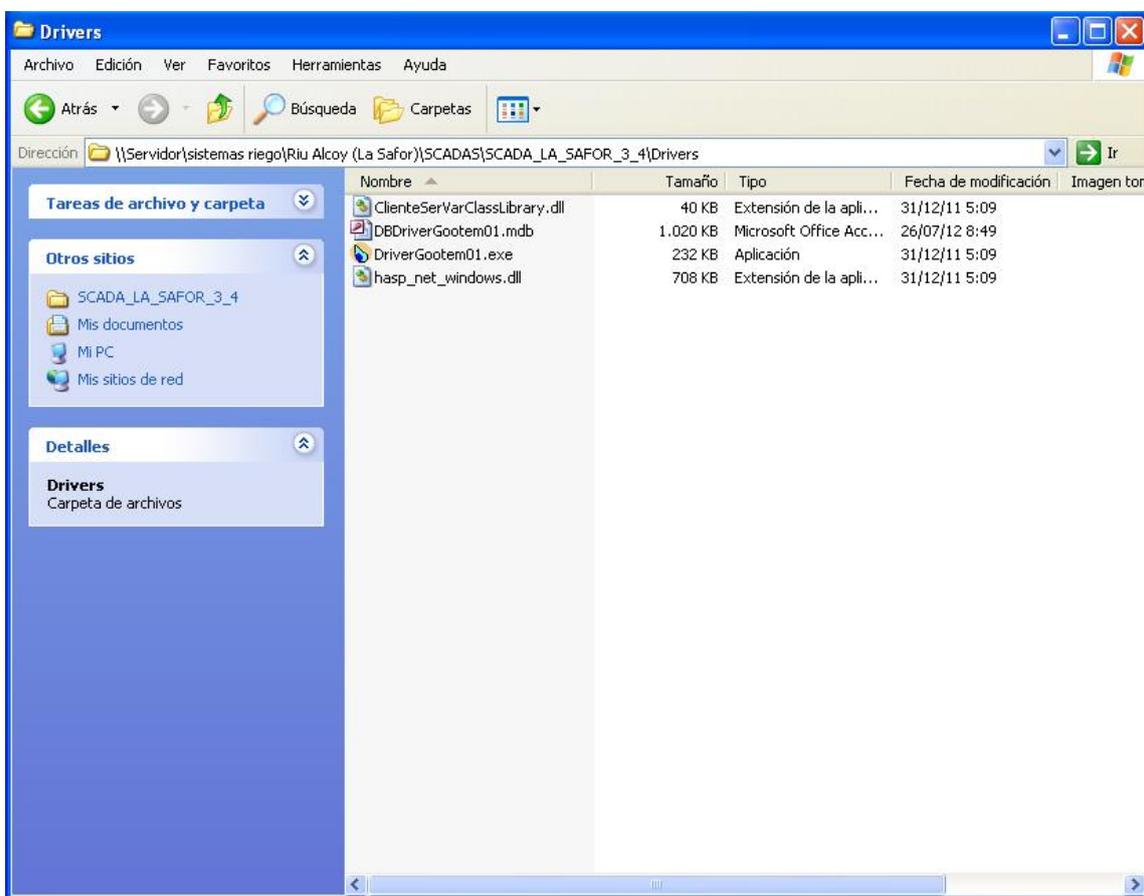


Ilustración 112: Drivers

Tenemos en primer lugar la librería ClienteSerVarClassLibrary.dll que nos servirá para la comunicación con el servidor de variables. Tenemos también otra librería, hasp\_net\_windows.dll que es la que se encarga de la seguridad mediante una “llave” USB en el PC, que impediría modificaciones en el SCADA en caso de no estar anclada en un puerto USB. Por último tenemos el ejecutable DriverGootem01.exe que será el driver de comunicaciones propiamente dicho, el cual accederá a la base de datos DBDriverGootem01.mdb que está estructurada en las siguientes tablas:

- **CONCENTRADORES:** tabla que entre otros campos contiene la dirección Modbus de cada concentrador y el número de remotas que gestiona cada uno.
- **CONEXIÓN\_SERVIDOR\_VARIABLES:** formada por 4 campos, IP\_SERVIDOR (127.0.0.1); PUERTO\_SERVIDOR (10000); IP\_CLIENTE (127.0.0.1); PUERTO\_CLIENTE (10002)
- **DISPOSITIVOS\_MODBUS:** contiene otros dispositivos Modbus que no sean Concentradores ó PLC’s, en nuestro caso concreto está vacía.
- **DISPOSITIVOS\_MODBUS\_VARIABLES:** contiene las variables de los dispositivos de la tabla anterior, en nuestro caso, obviamente, también está vacía.

- **ENTRADAS\_ANALOGICAS:** contiene las entradas analógicas de las unidades remotas, como puedan ser, sensores de humedad ó transductores de presión de los hidrantes; está vacía puesto que en este proyecto no existen tales sensores.
- **ENTRADAS\_CONTADOR:** en esta tabla están contenidos los factores de pulso de cada contador (1pulso/m<sup>3</sup> ó 10pulsos/m<sup>3</sup>), referenciándolos por número de remota y número de entrada, estos se usarán para el cálculo de caudal instantáneo de cada contador en la pantalla del hidrante concreto del SCADA.
- **MISCELANEA:** contiene varios parámetros, como por ejemplo el tiempo de retardo entre dispositivos Modbus a la hora de interrogarlos, etc.
- **PLCS:** aquí se almacena todos los datos de conexión a los PLC's, tales como:
  - **DIRECCION\_MODBUS:** 5→PLC Cabezal 3; 6→PLC Cabezal 4
  - **TIME\_OUT:** 20ms de espera por trama
  - **RETARDO\_ENTRE\_TRAMAS:** 5ms para fluidez de comunicación.
  - **MAX\_REGISTROS\_TRAMA\_LECTURA:** número máximo de registros de 16 bits en la trama de lectura (mínimo 1, máximo 120, por defecto 11).
  - **MAX\_REGISTROS\_TRAMA\_ESCRITURA:** número máximo de registros de 16 bits en la trama de escritura mínimo 1, máximo 120, por defecto 11).
- **PLCS\_VARIABLES:** en esta tabla se encuentran las direcciones de memoria del PLC donde accederemos a las variables, siendo una de las tablas más extensas y mas importantes del driver de comunicación, puesto que un error en el direccionamiento de memoria puede tener consecuencias muy graves en ciertas fases de la ejecución del riego. Esta tabla está compuesta por los siguientes campos (entre paréntesis pondremos valores ejemplo de una determinada variable, el caudal de red del cabezal 3, para entenderlo mejor):
  - **NOMBRE\_VARIABLE (CAUDAL\_RED\_1)**
  - **NUM\_PLC (5):** dirección Modbus del PLC que contiene la variable.
  - **DIRECCION\_VARIABLE(640):** es la dirección de memoria del PLC donde encontramos la variable. Para obtener este valor hay que aplicar la siguiente conversión, que viene del direccionamiento de memoria octal:
    - **V's:** valores de tipo entero, pasar el valor de octal a decimal, por ejemplo, V1200 equivale a la posición de memoria 640 ya que 1200 en octal es 640 en decimal.
    - **C's:** valores tipo bit, por ejemplo la variable **MARCHA\_MANUAL\_FILTROS C1004** en el programa de autómeta, es la dirección de memoria 3588. Para obtenerlo debemos hacer dos pasos, primero pasar el valor 1004 de octal a decimal, obteniendo 516, y a este valor hay que sumarle siempre la constante 3072, quedando 516+3072=3588.
  - **TIPO (4):** es el tipo al que pertenece la variable, pudiendo ser, 0 salida digital, 1 entrada digital, 3 entrada analógica y 4 registro interno; en este caso como el caudal de red equivale a un valor almacenado en el PLC tras una serie de cálculos, su tipo correspondiente será el 4.
  - **ESCRITURA (0):** indica si la variable solo se puede leer desde el SCADA ó si también se puede modificar (escribir), siendo 0 de lectura y 1 de escritura en cada ciclo (al final del ciclo).
  - **ESCRITURA\_INMEDIATA (0):** escritura inmediata significará que la variable se escribe cuando se modifica el valor en el SCADA, no

esperándose al final de ciclo como en el punto anterior. Estado 0 para no escritura y estado 1 para escritura inmediata.

- VALOR\_CON\_SIGNO\_PLC (0): estado 0 para variable sin signo en el PLC y estado 1 para variable con signo en el PLC. En toda la tabla utilizamos valores sin signo en el PLC.

Las 4 columnas siguientes sirven para variables de tipo escalado como pueda ser la presión que nos dé el transductor de presión de antes de filtros (variable 649, o lo que es lo mismo V1211). Con estas 4 columnas realizamos un simple acotado de una variable tanto en el PLC como en el SCADA. Los transductores de presión nos dan una corriente de 4 mA cuando la presión es 0 y de 20 mA cuando la presión es máxima (10 bares para los que usamos en el cabezal). Por otro lado, la entrada analógica del PLC convierte los 4 mA en un valor 0 y los 20 mA en un valor 4095. Con ello al SCADA hay que darle la siguiente equivalencia para obtener un valor de presión en bares:

- VALOR\_MINIMO\_PLC (0)
- VALOR\_MAXIMO\_PLC (4095)
- VALOR\_MINIMO\_SCADA (0)
- VALOR\_MAXIMO\_SCADA (10)

Por último solo nos quedará la siguiente columna:

- MEMORIZAR\_VALOR: es un checkbox que puede estar marcado (aquí representado como VERDADERO) o no marcado (FALSO). Cuando este marcado significara que el PC guarde el valor en caso de apagado (accidental o voluntario forzado) del programa para que al volverlo a arrancar aparezca dicho valor y no un 0. Se pondrá a VERDADERO en aquellas variables que introduzca el usuario en el SCADA y suelen permanecer fijas, como por ejemplo DIF\_PRESION\_LIMP\_AUTO ó las de orden de los depósitos de abonado como AB\_ORDEN\_DEP\_1, etc.

Con estos datos la tabla PLCS\_VARIABLES quedará rellena así:

NOMBRE_VARIABLE	NUM_PLC	DIRECCION_VARIABLE	TIPO	ESCRITURA	ESCRITURA_INMEDIATA	VALOR_CON_SIGNO_PLC	VALOR_MINIMO_PLC	VALOR_MAXIMO_PLC	VALOR_MINIMO_SCADA	VALOR_MAXIMO_SCADA	MEMORIZAR_VALOR
CAUDAL_RED_1	5	640	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
CNT_RED_1_L	5	641	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
CNT_RED_1_H	5	642	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
CAUDAL_RED_2	5	643	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
CNT_RED_2_L	5	644	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
CNT_RED_2_H	5	645	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
CAUDAL_TOTAL	5	646	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
CONSUMO_TOTAL_L	5	647	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
CONSUMO_TOTAL_H	5	648	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
PRES_ANTES_FILTER	5	649	4	0	0	0	0	4095	0	10	FALSO
PRES_DESPUES_FILTER	5	650	4	0	0	0	0	4095	0	10	FALSO
DIF_PRESION_REAL	5	651	4	0	0	0	0	4095	0	10	FALSO
DIF_PRES_LIMP_AUTO	5	652	4	1	1	0	0	4095	0	10	VERDADERO
DIF_PRES_LIMP_AUTO_LEC	5	652	4	0	0	0	0	4095	0	10	FALSO
AB_ORDEN_DEP_1	5	653	4	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
AB_ORDEN_DEP_1_LEC	5	653	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_ORDEN_DEP_2	5	654	4	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
AB_ORDEN_DEP_2_LEC	5	654	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_ORDEN_DEP_3_LEC	5	655	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_ORDEN_DEP_3	5	655	4	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
AB_ORDEN_DEP_4_LEC	5	656	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_ORDEN_DEP_4	5	656	4	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
AB_ORDEN_DEP_5	5	657	4	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
AB_ORDEN_DEP_5_LEC	5	657	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_ORDEN_DEP_6	5	658	4	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
AB_ORDEN_DEP_6_LEC	5	658	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_DEP_ACTIVO_LEC	5	659	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_DEP_ACTIVO	5	659	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
AB_CAUDAL	5	660	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LITROS_DEP_1_LEC	5	661	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LITROS_DEP_1	5	661	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LITROS_DEP_2_LEC	5	662	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LITROS_DEP_2	5	662	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LITROS_DEP_3_LEC	5	663	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LITROS_DEP_3	5	663	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO

SISTEMA DE AUTOMATIZACION Y TELECONTROL PARA LA MODERNIZACIÓN DEL RIEGO DE LAS ZONAS 3 Y 4 DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DE LA SAFOR

AB_LITROS_DEP_4_LEC	5	664	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LITROS_DEP_4	5	664	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LITROS_DEP_5_LEC	5	665	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LITROS_DEP_5	5	665	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LITROS_DEP_6	5	666	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LITROS_DEP_6_LEC	5	666	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LITROS_MIN_DEP_LEC	5	667	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LITROS_MIN_DEP	5	667	4	1	0	0	0	0	0	0	VERDADERO
AB_ORDEN_DEP_TRAS	5	668	4	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
AB_ORDEN_DEP_TRAS_LEC	5	668	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LITROS_TRASIEGO	5	669	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LITROS_TRASIEGO_LEC	5	669	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LIT_TRAS_DEP_1_LEC	5	670	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LIT_TRAS_DEP_1	5	670	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LIT_TRAS_DEP_2	5	671	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LIT_TRAS_DEP_2_LEC	5	671	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LIT_TRAS_DEP_3	5	672	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LIT_TRAS_DEP_3_LEC	5	672	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LIT_TRAS_DEP_4	5	673	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LIT_TRAS_DEP_4_LEC	5	673	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LIT_TRAS_DEP_5_LEC	5	674	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LIT_TRAS_DEP_5	5	674	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LIT_TRAS_DEP_6_LEC	5	675	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_LIT_TRAS_DEP_6	5	675	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
C_AB_RATIO_DEP_1_LEC	5	676	4	0	0	0	0	10	0	1	FALSO
C_AB_RATIO_DEP_1	5	676	4	1	1	0	0	10	0	1	VERDADERO
C_AB_RATIO_DEP_2	5	677	4	1	1	0	0	10	0	1	VERDADERO
C_AB_RATIO_DEP_2_LEC	5	677	4	0	0	0	0	10	0	1	FALSO
C_AB_RATIO_DEP_3_LEC	5	678	4	0	0	0	0	10	0	1	FALSO
C_AB_RATIO_DEP_3	5	678	4	1	1	0	0	10	0	1	VERDADERO
C_AB_RATIO_DEP_4_LEC	5	679	4	0	0	0	0	10	0	1	FALSO
C_AB_RATIO_DEP_4	5	679	4	1	1	0	0	10	0	1	VERDADERO
C_AB_RATIO_DEP_5	5	680	4	1	1	0	0	10	0	1	VERDADERO
C_AB_RATIO_DEP_5_LEC	5	680	4	0	0	0	0	10	0	1	FALSO
C_AB_RATIO_DEP_6	5	681	4	1	1	0	0	10	0	1	VERDADERO
C_AB_RATIO_DEP_6_LEC	5	681	4	0	0	0	0	10	0	1	FALSO
C_AB_RATIO_DEP_TRAS_LEC	5	682	4	0	0	0	0	10	0	1	FALSO
C_AB_RATIO_DEP_TRAS	5	682	4	1	1	0	0	10	0	1	VERDADERO
C_AB_INDICE_DEP_TRASIEGO	5	683	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
C_AB_CNT_TOTAL_L	5	684	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
C_AB_CNT_TOTAL_H	5	685	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
C_AB_CNT_PARCIAL	5	686	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
C_CONSIGNA_AB	5	687	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
CABEZAL_C	5	3584	0	1	1	0	0	0	0	0	FALSO
ESTADO_CABEZAL_C	5	3584	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO

SISTEMA DE AUTOMATIZACION Y TELECONTROL PARA LA MODERNIZACIÓN DEL RIEGO DE LAS ZONAS 3 Y 4 DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DE LA SAFOR

ESTADO_ABONADO_CABEZAL_C	5	3585	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
ABONADO_CABEZAL_C	5	3585	0	1	1	0	0	0	0	0	FALSO
C_MARCHA_TRASIEGO	5	3586	0	1	1	0	0	0	0	0	FALSO
C_MARCHA_TRASIEGO_LEC	5	3586	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
HABILITAR_FILTRADO_LEC	5	3587	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
HABILITAR_FILTRADO	5	3587	0	1	0	0	0	0	0	0	VERDADERO
MARCHA_MANUAL_FILTROS_LEC	5	3588	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
MARCHA_MANUAL_FILTROS	5	3588	0	1	1	0	0	0	0	0	FALSO
AB_HAB_DEP_1	5	3589	0	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
AB_HAB_DEP_1_LEC	5	3589	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_HAB_DEP_2	5	3590	0	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
AB_HAB_DEP_2_LEC	5	3590	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_HAB_DEP_3_LEC	5	3591	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_HAB_DEP_3	5	3591	0	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
AB_HAB_DEP_4	5	3592	0	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
AB_HAB_DEP_4_LEC	5	3592	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_HAB_DEP_5_LEC	5	3593	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_HAB_DEP_5	5	3593	0	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
AB_HAB_DEP_6_LEC	5	3594	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_HAB_DEP_6	5	3594	0	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
AB_EV_1	5	3595	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_EV_2	5	3596	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_EV_3	5	3597	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_EV_4	5	3598	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_EV_5	5	3599	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_EV_6	5	3600	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_EV_TRAS	5	3601	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
AB_HAB_DEP_TRAS	5	3602	0	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
AB_HAB_DEP_TRAS_LEC	5	3602	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
C_AB_LED_TRASIEGO	5	3603	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
C_PARO_TRASIEGO_LEC	5	3604	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
C_PARO_TRASIEGO	5	3604	0	1	1	0	0	0	0	0	FALSO
C_AB_LED_MARCHA_VAR	5	3605	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
C_AB_LED_MARCHA_FIJA	5	3606	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
C_AB_AV_BOMBA_FIJA	5	3607	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_CAUDAL_RED_1	6	640	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_CNT_RED_1_L	6	641	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_CNT_RED_1_H	6	642	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_CAUDAL_RED_2	6	643	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_CNT_RED_2_L	6	644	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_CNT_RED_2_H	6	645	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_CAUDAL_TOTAL	6	646	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_CONSUMO_TOTAL_L	6	647	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_CONSUMO_TOTAL_H	6	648	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_PRES_ANTES_FILT	6	649	4	0	0	0	0	4095	0	10	FALSO

D_PRES_DESPUES_FILTER	6	650	4	0	0	0	0	4095	0	10	FALSO
D_DIF_PRESION_REAL	6	651	4	0	0	0	0	4095	0	10	FALSO
D_DIF_PRES_LIMP_AUTO_LEC	6	652	4	0	0	0	0	4095	0	10	FALSO
D_DIF_PRES_LIMP_AUTO	6	652	4	1	1	0	0	4095	0	10	VERDADERO
D_AB_ORDEN_DEP_1_LEC	6	653	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_ORDEN_DEP_1	6	653	4	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
D_AB_ORDEN_DEP_2_LEC	6	654	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_ORDEN_DEP_2	6	654	4	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
D_AB_ORDEN_DEP_3	6	655	4	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
D_AB_ORDEN_DEP_3_LEC	6	655	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_ORDEN_DEP_4_LEC	6	656	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_ORDEN_DEP_4	6	656	4	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
D_AB_ORDEN_DEP_5_LEC	6	657	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_ORDEN_DEP_5	6	657	4	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
D_AB_ORDEN_DEP_6	6	658	4	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
D_AB_ORDEN_DEP_6_LEC	6	658	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_DEP_ACTIVADO_LEC	6	659	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_DEP_ACTIVADO	6	659	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_CAUDAL	6	660	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LITROS_DEP_1_LEC	6	661	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LITROS_DEP_1	6	661	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LITROS_DEP_2_LEC	6	662	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LITROS_DEP_2	6	662	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LITROS_DEP_3_LEC	6	663	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LITROS_DEP_3	6	663	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LITROS_DEP_4_LEC	6	664	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LITROS_DEP_4	6	664	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LITROS_DEP_5_LEC	6	665	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LITROS_DEP_5	6	665	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LITROS_DEP_6_LEC	6	666	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LITROS_DEP_6	6	666	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LITROS_MIN_DEP_LEC	6	667	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LITROS_MIN_DEP	6	667	4	1	0	0	0	0	0	0	VERDADERO
D_AB_ORDEN_DEP_TRAS_LEC	6	668	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_ORDEN_DEP_TRAS	6	668	4	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
D_AB_LITROS_TRASIEGO	6	669	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LITROS_TRASIEGO_LEC	6	669	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LIT_TRAS_DEP_1_LEC	6	670	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LIT_TRAS_DEP_1	6	670	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LIT_TRAS_DEP_2_LEC	6	671	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LIT_TRAS_DEP_2	6	671	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LIT_TRAS_DEP_3	6	672	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LIT_TRAS_DEP_3_LEC	6	672	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LIT_TRAS_DEP_4_LEC	6	673	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LIT_TRAS_DEP_4	6	673	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO

SISTEMA DE AUTOMATIZACION Y TELECONTROL PARA LA MODERNIZACIÓN DEL RIEGO DE LAS ZONAS 3 Y 4 DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DE LA SAFOR

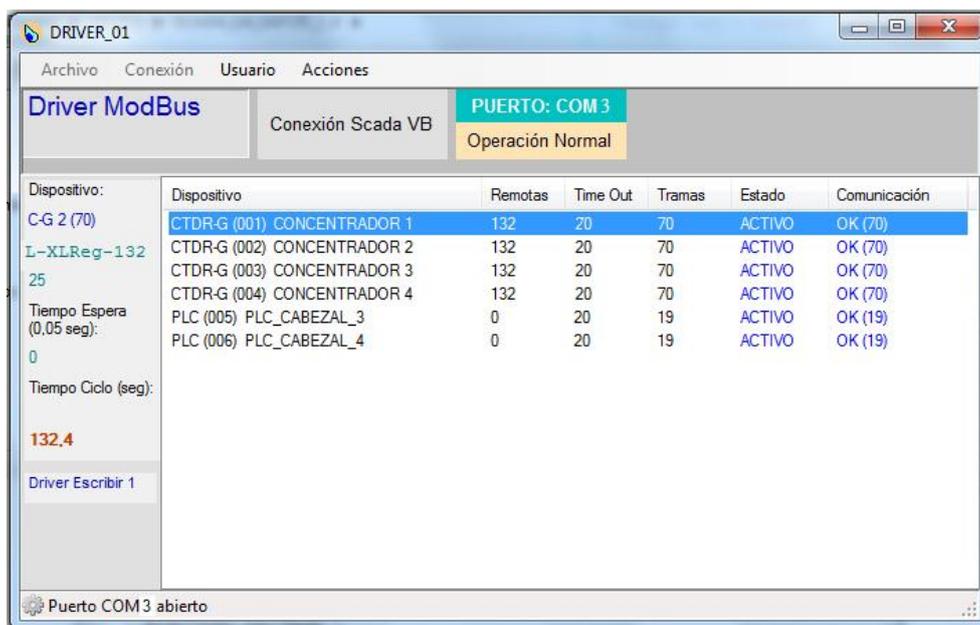
D_AB_LIT_TRAS_DEP_5_LEC	6	674	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LIT_TRAS_DEP_5	6	674	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LIT_TRAS_DEP_6_LEC	6	675	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LIT_TRAS_DEP_6	6	675	4	0	1	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_RATIO_DEP_1_LEC	6	676	4	0	0	0	0	10	0	1	FALSO
D_AB_RATIO_DEP_1	6	676	4	1	1	0	0	10	0	1	VERDADERO
D_AB_RATIO_DEP_2_LEC	6	677	4	0	0	0	0	10	0	1	FALSO
D_AB_RATIO_DEP_2	6	677	4	1	1	0	0	10	0	1	VERDADERO
D_AB_RATIO_DEP_3	6	678	4	1	1	0	0	10	0	1	VERDADERO
D_AB_RATIO_DEP_3_LEC	6	678	4	0	0	0	0	10	0	1	FALSO
D_AB_RATIO_DEP_4_LEC	6	679	4	0	0	0	0	10	0	1	FALSO
D_AB_RATIO_DEP_4	6	679	4	1	1	0	0	10	0	1	VERDADERO
D_AB_RATIO_DEP_5	6	680	4	1	1	0	0	10	0	1	VERDADERO
D_AB_RATIO_DEP_5_LEC	6	680	4	0	0	0	0	10	0	1	FALSO
D_AB_RATIO_DEP_6_LEC	6	681	4	0	0	0	0	10	0	1	FALSO
D_AB_RATIO_DEP_6	6	681	4	1	1	0	0	10	0	1	VERDADERO
D_AB_RATIO_DEP_TRAS_LEC	6	682	4	0	0	0	0	10	0	1	FALSO
D_AB_RATIO_DEP_TRAS	6	682	4	1	1	0	0	10	0	1	VERDADERO
D_AB_INDICE_DEP_TRASIEGO	6	683	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_CNT_TOTAL_L	6	684	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_CNT_TOTAL_H	6	685	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_CNT_PARCIAL	6	686	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_CONSIGNA_AB	6	687	4	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
CABEZAL_D	6	3584	0	1	1	0	0	0	0	0	FALSO
ESTADO_CABEZAL_D	6	3584	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
ABONADO_CABEZAL_D	6	3585	0	1	1	0	0	0	0	0	FALSO
ESTADO_ABONADO_CABEZAL_D	6	3585	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_MARCHA_TRASIEGO_LEC	6	3586	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_MARCHA_TRASIEGO	6	3586	0	1	1	0	0	0	0	0	FALSO
D_HABILITAR_FILTRADO_LEC	6	3587	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_HABILITAR_FILTRADO	6	3587	0	1	0	0	0	0	0	0	VERDADERO
D_MARCHA_MANUAL_FILTROS	6	3588	0	1	1	0	0	0	0	0	FALSO
D_MARCHA_MANUAL_FILTROS_LEC	6	3588	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_HAB_DEP_1_LEC	6	3589	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_HAB_DEP_1	6	3589	0	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
D_AB_HAB_DEP_2_LEC	6	3590	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_HAB_DEP_2	6	3590	0	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
D_AB_HAB_DEP_3	6	3591	0	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
D_AB_HAB_DEP_3_LEC	6	3591	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_HAB_DEP_4	6	3592	0	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
D_AB_HAB_DEP_4_LEC	6	3592	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_HAB_DEP_5_LEC	6	3593	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_HAB_DEP_5	6	3593	0	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
D_AB_HAB_DEP_6	6	3594	0	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
D_AB_HAB_DEP_6_LEC	6	3594	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO

D_AB_EV_1	6	3595	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_EV_2	6	3596	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_EV_3	6	3597	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_EV_4	6	3598	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_EV_5	6	3599	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_EV_6	6	3600	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_EV_TRAS	6	3601	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_HAB_DEP_TRAS_LEC	6	3602	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_HAB_DEP_TRAS	6	3602	0	1	1	0	0	0	0	0	VERDADERO
D_AB_LED_TRASIEGO	6	3603	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_PARO_TRASIEGO	6	3604	0	1	1	0	0	0	0	0	FALSO
D_PARO_TRASIEGO_LEC	6	3604	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LED_MARCHA_VAR	6	3605	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_LED_MARCHA_FIJA	6	3606	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO
D_AB_AV_BOMBA_FIJA	6	3607	0	0	0	0	0	0	0	0	FALSO

- PUERTO: en esta tabla se encuentran los parámetros relativos al puerto de comunicaciones serie del PC, en nuestro caso se ha utilizado una tarjeta de expansión con 2 puertos serie, los cuales el PC ha reconocido como 3 y 4, usando para nuestro driver el puerto serie 3. Con ello la tabla PUERTO consta de 5 columnas que detallan los valores de comunicación Modbus:
  - NUM\_PUERTO\_COM (3): número de puerto serie en el ordenador.
  - VELOCIDAD (4800): velocidad en bits por segundo, nuestros equipos PLC's, RADIOMODEMS y CONCENTRADORES deben estar funcionando a la misma velocidad para que las comunicaciones funcionen.
  - NUMERO\_BITS (8): número de bits por carácter.
  - PARIDAD (0): estado 0 para ninguna paridad, estado 1 para paridad impar y estado 2 para paridad par.
  - STOP (1): número de bits de parada.

En el PC permanecerá oculta la ventana del driver en funcionamiento, para que nosotros podamos evaluar su correcto funcionamiento y el usuario final no lo pueda modificar, siendo transparente para él. Se visualizará con una aplicación de tipo cliente hacia el servidor de variables que se encontraba en la carpeta que contiene todo el software, como vimos en el apartado 6.1.; la citada aplicación es **ClienteSerVarPruebas.exe**.

Al ejecutarla encontraremos que está protegida con unas claves de usuario que solo conocemos nosotros. Si visualizamos la aplicación en marcha tenemos el driver de comunicaciones con todos los dispositivos:



**Ilustración 113: Driver ModBus en ejecución**

Observamos primero los 4 concentradores con todas sus remotas dadas de alta, con el time out y con el número de tramas, el estado en el que se encuentran y las comunicaciones OK de todas sus tramas. Tenemos lo mismo para ambos PLC's (con 0 remotas, obviamente). A la izquierda podemos observar el tiempo de ciclo total para el driver que se sitúa en poco más de 2 minutos, 132,4 segundos, que será por tanto lo que tarda el driver en recopilar toda la información de los concentradores y de los autómatas.

## 9. Puesta en Marcha.

### 9.1. PUESTA EN MARCHA DE LOS CABEZALES

#### 9.1.1. INSTALACION DE LOS CUADROS ELECTRICOS EN AMBOS CABEZALES DE RIEGO

En ambos cabezales se procede a la instalación de un cuadro de telecontrol de la misma manera, ya que son idénticos, a excepción de que en el cabezal 4 se colocó una pantalla táctil, como ya hemos visto anteriormente, en la puerta del cuadro de telecontrol (con la única finalidad de visualizar ciertos parámetros sin necesidad de consultarlo a la persona que los este viendo en el PC de control ubicado en el cabezal 3). Los cabezales cuentan de una planta baja, en donde se encuentran las bombas de riego, los sistemas de filtrado, los contadores de red, las bombas inyectoras de fertilizante, y todos los cuadros eléctricos de fuerza y telecontrol de la instalación. Además cuentan con un altillo formado por 3 estancias: un aseo completo, una habitación de almacenaje de pequeño material para el mantenimiento y una sala de reunión (que en el caso del cabezal 3 sirve para el PC de control). Por último, ambos cabezales tienen en su exterior los silos o tanques contenedores de fertilizantes, así como un gran espacio para almacenaje exterior de tuberías, maquinaria pesada y aparcamiento de vehículos.

Obviamente todos los cuadros eléctricos se agrupan en una misma zona del interior del cabezal, para que los cableados entre ellos sean los de menor longitud posible. Así pues, nos encontramos de izquierda a derecha según nos colocamos:

- CUADRO ELÉCTRICO DE CONTROL DE FILTRADO, de la empresa israelí que instaló los filtros hidráulicos y que realiza la secuencia de filtrado mediante un pequeño autómatas propio. Desde nuestro cuadro de telecontrol cablearemos las mangueras pertinentes para controlar el estado de su selector de manual/auto, monitorizar el estado ON/OFF/AVERIA y dar marcha al filtrado.



Ilustración 114: Cuadro eléctrico filtrado



**Ilustración 115: Cuadros eléctricos Cabezal 3**

- CUADRO DE TELECONTROL DE LA INSTALACIÓN, que será el que instalemos nosotros, al que llegarán todas las señales de monitorización y actuación de todos los equipos. Lo veremos detalladamente más adelante en éste apartado.
- CUADROS ELECTRICOS DE LAS BOMBAS DE RIEGO, instalados por la empresa Electrotecnica Bastida S.L. (con la que estuvimos en contacto permanente para llevar a cabo la instalación), serán dos cuadros:
  - o Cuadro con las protecciones eléctricas de las 3 bombas (magnetotérmicos y diferenciales)



**Ilustración 116: diferenciales y Magnetotérmicos**

- Cuadro de suministro eléctrico general del cabezal (del que tomaremos nosotros la alimentación de nuestro cuadro de telecontrol y al que se conectarán todos los elementos eléctricos del cabezal, como alumbrado interior y exterior, tomas de corriente ó enchufes, etc.). A su vez este cuadro se ha aprovechado para albergar el control básico de las tres bombas formado por: selectores de manual/auto (que deberemos tomar como señal a mostrar en el PC y por tanto cablearlos hasta nuestro cuadro), pulsadores de marcha/paro en caso de control manual de las bombas, pilotos de marcha o avería de cada una de las tres bombas, y pulsador o “seta” de emergencia.



**Ilustración 117: Cuadro Suministro Eléctrico Cabezal 3 ó 4**

- VARIADOR DE FRECUENCIA PARA LA BOMBA 1 Y ARRANCADORES PARA LA BOMBA 2 Y LA 3: todos ellos de la marca POWER ELECTRONICS e instalados por la citada empresa Electrotecnia Bastida S.L. Hay que recordar que en cuanto al telecontrol de estos equipos solo se nos pidió la señal de RUN ya que el control adaptativo PID para la regulación de la presión de red se lo realizaba el Variador y los arrancadores mediante un funcionamiento de tipo multibomba en modo local. Por tanto, nosotros solo tuvimos que cablear la señal de marcha o paro (RUN) y el estado en el que se encontraban los equipos (en marcha o en avería), lo cual nos simplificó en gran medida nuestro trabajo.



**Ilustración 118: Izda. VARIADOR FREC / Dcha. ARRANCADORES AUXILIARES**

- CUADRO DE CONTROL DE LA INYECCION DE ABONADO, en un principio instalado por la empresa Electrotecnia Bastida S.L, pero posteriormente modificado por nosotros para controlar el abonado con el mismo principio de funcionamiento que el bombeo hidráulico en la red. Es decir, se instalan dos bombas inyectoras de fertilizante de modo que una es controlada por un variador y la otra funciona siempre a su frecuencia de trabajo máxima (50 Hz) y como vimos en la programación del autómata, este control de PID lo realizamos nosotros por programa, por ello se cablean las señales necesarias desde las bombas hasta su cuadro y desde este cuadro hasta el nuestro (telecontrol).



**Ilustración 119: Izda. Cuadro eléctrico para bombas inyectoras fertilizante / Dcha. Bombas inyectoras**

Una vez citados todos los cuadros eléctricos vamos a analizar con detalle el que nos concierne, es decir, el encargado del telecontrol instalado por nosotros.



Ilustración 120: Cuadro de Telecontrol

Hemos dividido la imagen en recuadros numerados, siendo cada uno de ellos un bloque de actuación tal que así:

Bloque 1.- Bloque de comunicaciones: compuesto por los dos concentradores de cada cabezal y un radiomódem (que como sabemos une el cabezal 4 con el 3, y viceversa). En la esquina inferior observamos los portafusibles de protección de la alimentación a 12 VDC de estos equipos. Como ya sabemos, todos los equipos tienen una dirección Modbus (el radiomódem, evidentemente no, puesto que es un mero enlace transparente a efectos de red Modbus) y mediante la unión de sus puertos de comunicación RS-485 (conexión a 3 hilos) junto con el PLC y los analizadores de red, conforman la red Modbus. Esta red se cablea desde nuestro cuadro hasta la sala del PC, y allí está conectada a un conversor RS-485 a RS-232 que enlaza con el puerto RS-232 del ordenador para finalizar la red de comunicaciones. Obviamente, en el cabezal 4 la red Modbus une todos los elementos y termina en el radiomódem, que enlaza con la red Modbus del cabezal 3, unificándolas entre sí.

Bloque 2.- Bloque de visores de red, compuesto por tres analizadores (uno por cada bomba de red) modelo Merlin Gerin PM 700, encastrados en la puerta del cuadro, que nos permiten en todo momento la visualización de todos los parámetros eléctricos de funcionamiento de las bombas de red, tales como: tensiones y corrientes por fase, potencias activas, reactivas, aparentes, etc. Dichos visores están dotados de una dirección Modbus y unidos mediante sus puertos de comunicación RS-485 como ya mencionamos.



**Ilustración 121: Analizadores de Red PM700**

Bloque 3.- PLC, autómata modelo Koyo D0-06DD1-D con expansión de tarjeta analógica de 4 entradas y 2 salidas. Podemos ver en la imagen que uno de sus puertos está conectado con un conector tipo db15 que es el que lo une a la red Modbus. Su otro puerto libre es el que utilizaremos para programarlo o consultar su estado localmente.

Bloque 4.- Bloque de protección de la alimentación general, compuesto por un interruptor magnetotérmico y uno diferencial que constituyen la entrada de alimentación a 220 VAC, la cual viene del cuadro que tenemos contiguo.

Bloque 5.- Bloque de Buses de Relés, compuestos por dos buses de 8 relés cada uno conectado a una de las 16 salidas digitales de nuestro autómata. Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico que excita convenientemente la activación de las señales de los equipos requeridos, tales como la

marcha de la secuencia multibomba del variador de frecuencia para el riego, la marcha del sistema de filtrado hidráulico, la activación de cada una de las electroválvulas de apertura de los tanques de fertilización (incluido el de trasiego), la marcha de la bomba de abonado controlada por variador de frecuencia y la marcha de la activada mediante contactor ó bomba de frecuencia fija.

Bloque 6.- Bloque guardamotor y de contactor mecánico para la bomba de abonado, aunque no debería estar ubicado aquí, al ser una ampliación de último momento, por comodidad lo situamos en nuestro cuadro de telecontrol, en lugar de ubicarlo en el cuadro de control del abonado, lo cual nos hubiese supuesto cablear más señales hacia el exterior de nuestro cuadro.

Bloque 7.- Bloque de fuente de alimentación-reguladora de carga, formado por una fuente de alimentación de la marca Adelsystem que transforma una tensión de entrada de 220 VAC en una de 12 VDC de salida. Esto es debido a que todos nuestros equipos se alimentan a dicha tensión continua de 12 voltios, desde el radiomódem y los concentradores hasta los buses de relés. Además la fuente actúa como regulador de carga para una batería externa al cuadro eléctrico que nos servirá a modo de S.A.I., para que en caso de fallo eléctrico de los 220 VAC, ya sea general o solo en nuestro cuadro, la fuente alimente nuestros equipos a 12 VDC provenientes de la batería que junto con el S.A.I del PC nos garantizan el funcionamiento de nuestro sistema aún sin suministro eléctrico de red.

Bloque 8.- Bornero de cableado, es el punto de conexión entre todos los cables que vienen de los equipos del exterior del cuadro con los elementos del interior. De izquierda a derecha siempre los montamos del mismo modo. En primer lugar bornes de alimentación externa de 220 VAC; después las señales de entradas de tipo digital; a continuación las señales de salidas de tipo digital; posteriormente las señales de tipo analógico, en nuestro caso entradas; varios bornes de tipo +12 VDC y 0 VDC y por último otras señales (en nuestro caso por ejemplo las que van a la alimentación de la bomba inyectora de abono a frecuencia fija).

Bloque 9.- Transformador de tensión de 220 VAC en la entrada a 24 VAC en la salida, el cual nos proporciona la tensión de funcionamiento de las electroválvulas de los tanques de abonado.

Se acompañará este apartado con los esquemas eléctricos correspondientes a nuestro cuadro eléctrico, véase Anexo II.

## 9.2. PUESTA EN MARCHA DE LOS POZOS AUXILIARES

Como vimos al principio del presente proyecto, la zona bajo estudio, es decir, la zona de los cabezales 3 y 4, comprendía un total de 432 hidrantes multiusuario. Sabemos que en cada hidrante nuestra unidad remota tiene una limitación en cuanto a número de usuarios (contadores) de 14, pero también es cierto que actualmente este número de usuarios por hidrante está muy por encima del número de regantes que se han acogido a dicho método de riego, ya sea por el desembolso económico que supone al propietario, o por la inexistencia de cultivo en las parcelas de usuario.

Por lo tanto, en un primer momento, la zona de riego que abarca los cabezales 3 y 4 es tal, que se puede cubrir la demanda mediante la red hidráulica desplegada desde el azud próximo al cabezal 1. Para un futuro próximo en el que las exigencias aumentarán, se han dispuesto 5 pozos auxiliares que bombearían agua a la red de los cabezales 3 y 4 (para el cabezal 1 y 2 se reforzará la distribución hidráulica con un pozo auxiliar) con el fin de que nunca se quede ningún regante sin agua.

Todos estos pozos permanecerán “dormidos” hasta que se les requiera, pero no por ello se han dejado de preparar con su cuadro de telecontrol vía radio, que por el momento se deja probado pero desalimentado hasta nueva orden. De forma remota se permitirá el arranque del equipo que controle la bomba sumergida de cada pozo (variador de frecuencia o arrancador a frecuencia fija), el control del caudal de extracción del pozo y la monitorización de cualquier tipo de avería que nos proporcione el citado equipo. Para ello el cuadro de telecontrol será muy simple, y solo contendrá:

- un radiomódem, que enlazará las comunicaciones radio en el mismo canal que el radiomódem del cabezal 4
- y un pequeño autómatas modelo Koyo de la serie DL05, más simple y económico que el instalado en los cabezales, con tan solo 8 entradas y 6 salidas digitales, como el que mostramos en la siguiente imagen:



Ilustración 122: Koyo DL05

Con todo ello se logrará confeccionar una pantalla en el PC tal que así:



Ilustración 123: Pantalla Pozo Auxiliar

La pantalla anterior muestra la siguiente información:

1. Led de comunicación correcta, en verde si existe comunicación entre el pozo y el Centro de Control, y en rojo en caso contrario.
2. Botón de programación Bomba, que accede a un menú idéntico al visto para la programación de hidrantes y del bombeo del cabezal, en el que definimos los días y las horas de funcionamiento del pozo.
3. Led indicador de sonda de mínimo, en verde si la sonda de seguridad de columna de agua detecta que existe agua por encima de ella suficiente para que la bomba arranque, y en rojo en caso contrario, bloqueando por programa del PLC el arranque de la bomba de extracción del pozo en vacío.
4. Led de estado de la bomba de extracción, en verde cuando esté en marcha y en rojo cuando este parada. En caso de que la bomba este en estado de avería se mostraría un texto intermitente en la pantalla del SCADA que obviamente está oculto cuando no existe tal avería.
5. Contador de red, mostrando el consumo total y el caudal instantáneo en todo momento.

Como ya dijimos estas pantallas de los pozos auxiliares solo tendrán utilidad en un futuro y solo entonces se les añadirá la información adicional que la Comunidad de Regantes requiera, por ello, no haremos más hincapié en este apartado.

### 9.3. PUESTA EN MARCHA DE LOS HIDRANTES Y PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO FINAL

Una vez instalados y alimentados los cuadros de telecontrol de los cabezales 3 y 4, sus respectivos concentradores empiezan a emitir en la frecuencia programada para cada uno. Esto nos sirve para el siguiente paso a llevar a cabo, la instalación y programación óptima de las unidades remotas en campo.

La empresa constructora nos proporciona un plano de las zonas 3 y 4 con los hidrantes convenientemente distribuidos y numerados. En una primera observación somos capaces de asignar a cada hidrante un cabezal, y con ello indistintamente uno de los 2 concentradores del cabezal elegido, ya que las antenas de los concentradores de un mismo cabezal están separadas tan solo unos metros (ver imagen primera del apartado 4.2.2) y al alejarnos a efectos prácticos de señal recibida no lo apreciaremos. Lo que sí que es apreciable es la diferencia de potencia recibida en un hidrante desde un cabezal o desde el otro. Por ello, se confecciona un listado de hidrantes anexo al plano de cada zona en el que tendremos una tabla tal que así para cada uno de ellos:

CODIGO DE OBRA:		DENOMINACION:		RESPONSABLE:		REVISION: 01								
DOCUMENTACION NECESARIA:		NUMERO DE HIDRANTE:		Nº DE ANEXO:										
FASES DE INSTALACION	NOMBRE DE OPERARIO	NOMBRE DE OPERARIO	NUMERO DE SERIE UNIDAD DE CAMPO	NOMBRE DE OPERARIO Y FECHA	ANOTACIONES									
1. Comprobación obra civil.	<input type="checkbox"/>		8. Programación frecuencia unidad de campo.	<input type="checkbox"/>		<b>B</b>								
2. Montaje y orientación de la antena.	<input type="checkbox"/>		9. Programación unidad de campo.	<input type="checkbox"/>										
3. Montaje unidad de campo.	<input type="checkbox"/>		10. Programación totalizador de caudales.	<input type="checkbox"/>										
4. Cables de contadores a unidad de campo.	<input type="checkbox"/>		11. Comprobación de la comunicación.	<input type="checkbox"/>										
5. Cables de solenoide.	<input type="checkbox"/>		12. Comprobar instalaciones de contador de U.C. a contador mecánico.	<input type="checkbox"/>		TENSION PILA <input type="text"/>								
6. Asignación de contadores a parcelas.	<input type="checkbox"/>		13. Comprobación activación solenoide.	<input type="checkbox"/>		TENSION PILA <input type="text"/>								
7. Montaje pila.	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		TENSION PILA <input type="text"/>								
NUMERO DE PARCELA	CONTADOR 1	CONTADOR 2	CONTADOR 3	CONTADOR 4	CONTADOR 5	CONTADOR 6	CONTADOR 7	CONTADOR 8	CONTADOR 9	CONTADOR 10	CONTADOR 11	CONTADOR 12	CONTADOR 13	CONTADOR 14
TDIV														
QNT														
Nº SOLENOIDE														
DIRECCION DE LA UNIDAD				RED			CANAL DE LA UNIDAD							

Ilustración 124: Hoja de Control Montaje Hidrantes

En esta hoja aparecen 3 zonas a destacar:

- A) FASES DE LA INSTALACIÓN: que marcan los operarios a medida de que se terminen (van desde la comprobación de obra civil, hasta la comprobación de activación del solenoide y la lectura de los impulsos de los contadores por parte de la unidad).
- B) CÓDIGOS Y PARÁMETROS DE LA UNIDAD REMOTA: cada unidad remota está dotada de un numero de serie único, el cual se almacena junto con su ubicación física y junto con los elementos que la componen (tarjetas de entradas y salidas, etc.) en una BBDD en Electronobo, de modo que siempre se sabe cada

unidad en que obra e hidrante se encuentra instalada. En la zona C existen 3 parámetros que pertenecen a la zona B: Dirección de la unidad (N), Red y Canal de la unidad (CH).

- C) CONFIGURACION DE CONTADORES Y VALVULAS DE LA REMOTA: Se anota el número de parcela de cada contador (que además la empresa constructora habrá comprobado hidráulicamente y lo habrá anotado en el colector general del hidrante encima de su contador correspondiente); se anota también el numero de pulsos por m<sup>3</sup> del contador (ya sea 1pulso/1m<sup>3</sup> ó 10pulsos/m<sup>3</sup>) y el número de solenoide que da paso de agua a dicho contador (que en toda esta instalación será siempre el 1, puesto que en cada hidrante hay solo un solenoide para todos los contadores, aunque cada contador dispone de una llave de corte mecánica como veremos en las imágenes siguientes).

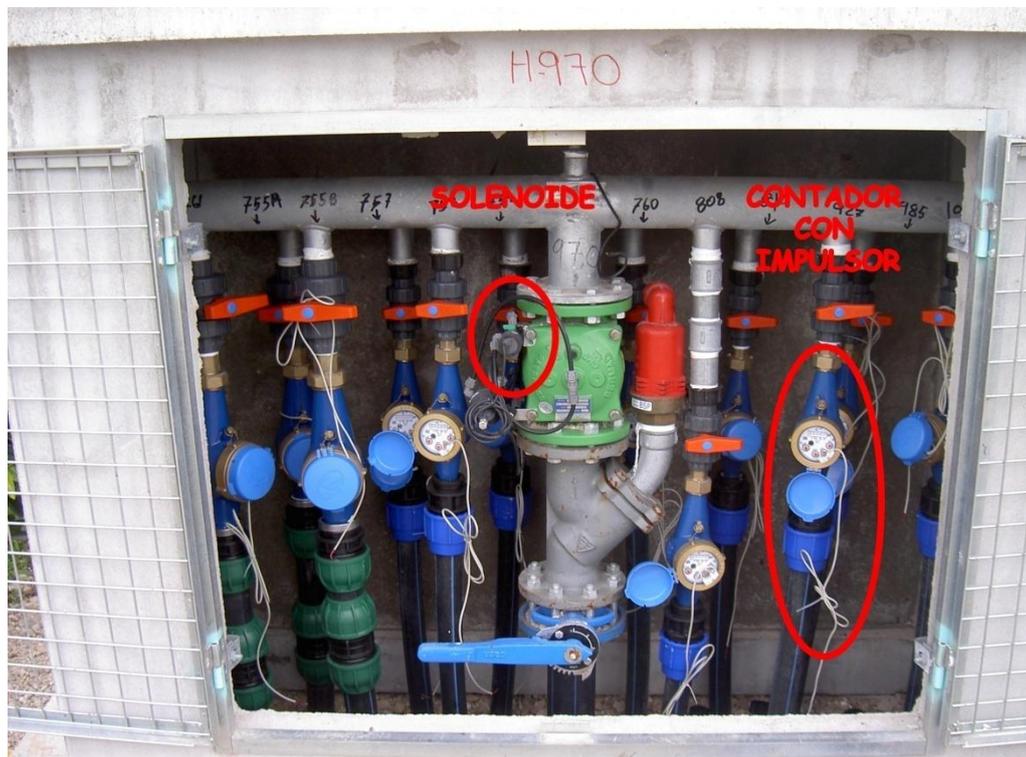
El trabajo es sencillo, los operarios de montaje de Electronobo se sitúan en un hidrante, proceden a su montaje, cableado y conexionado (que ahora detallaremos), programan la unidad con los parámetros de la hoja de control, y en caso de que la calidad de señal de un valor crítico ( $RSSIR < 20$ ), evalúan la calidad del enlace con el otro concentrador del mismo cabezal o con los concentradores del otro cabezal, dejándole a la remota el canal del concentrador que mayor valor de señal les dé, y modificándolo convenientemente en la hoja de control, para que posteriormente se modifique en el PC. Los pasos a seguir son:

- 1.- Montaje de la base de antena en el techo del hidrante, posteriormente se encastra el mástil con el dipolo en dicha base y se procederá al apuntamiento de la antena cuando todo esté instalado y programado. Observar que se colocan unos acoples frontales para nivelar la base.



**Ilustración 125: Izda. Base de Antena / Dcha.: Antena Completa**

2.- Cableado interior del hidrante: nos encontraremos el hidrante de la siguiente manera:



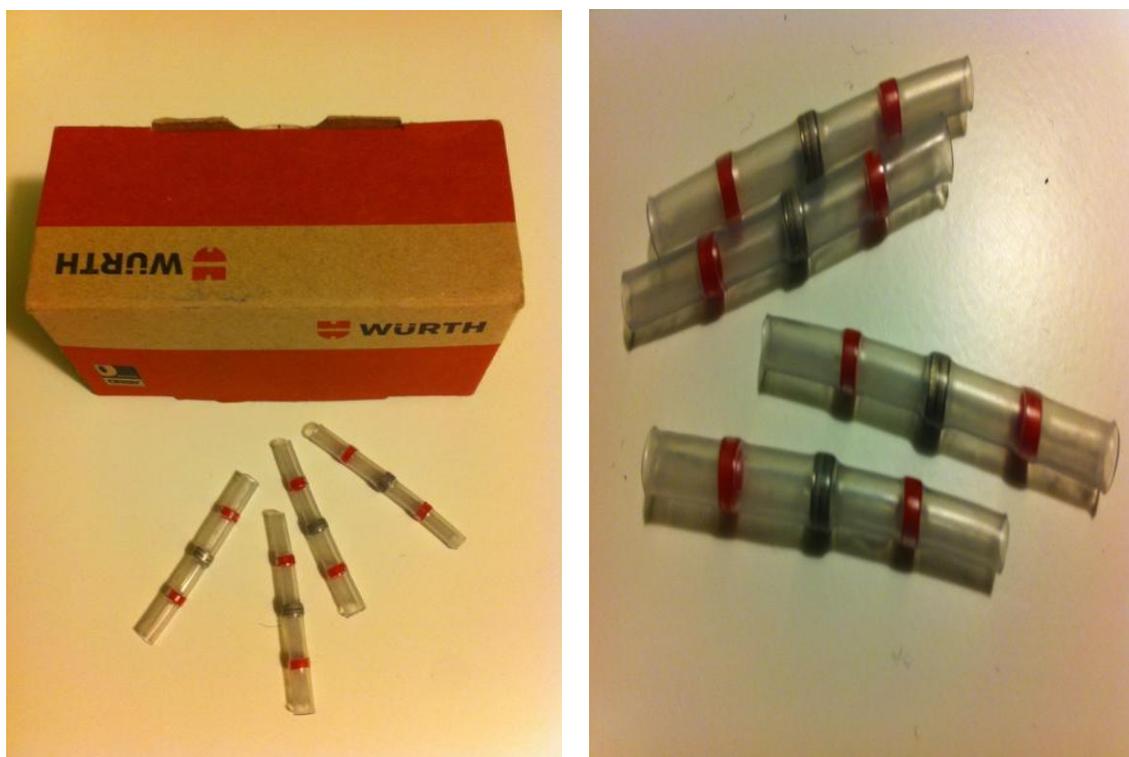
**Ilustración 126: Hidrante por dentro**

Como los cables originales de los impulsores, y el de la electroválvula (ó solenoide) no llegan hasta la remota, el procedimiento a seguir consistirá en: Una vez emplazada la unidad remota en el lateral izquierdo de la caseta, mediante tacos-brida (que se colocarán en el techo) sujetar los cables que prolongan el cableado hasta las cajas de empalmes, que llevan el latiguillo específico de contadores o de solenoides hasta la remota tal que así:



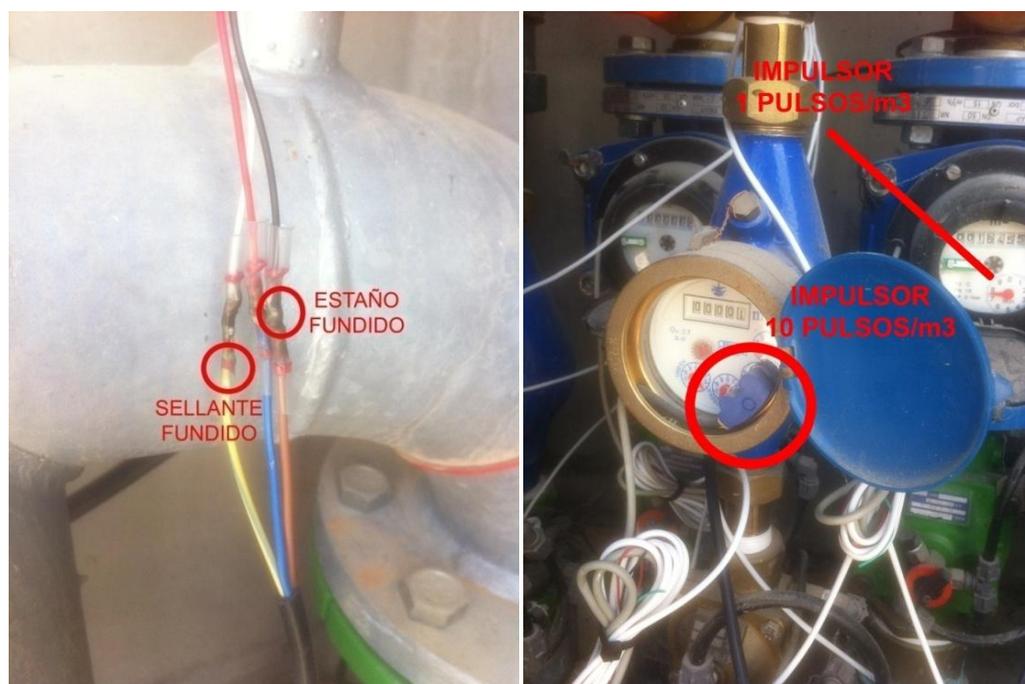
**Ilustración 127: Unidad Remota y cajas de empalmes conectadas**

3.- Empalmar todos los cables de los impulsores con sus correspondientes prolongaciones, al igual que el cable del solenoide. Para ello usaremos unos canutillos específicos de la marca Wurth.



**Ilustración 128: Canutillos de Conexionado marca Wurth**

Estos canutillo al fundirlos sellaran sus extremos aislándolos de humedades y estañaran la unión de ambos cables en el centro del empalme mejorando su conductividad:



**Ilustración 129: Izda. Canutillos fundidos / Dcha. Impulsores de contador**

4.- Programación de los parámetros de la unidad remota y apuntamiento de las antenas. Teniendo en cuenta que el terreno en el que nos encontramos es bastante llano orográficamente y observando que desde cualquier hidrante es sencillo ubicar su cabezal asignado, el operario no tendrá más que apuntar la antena (dipolo) del hidrante en el que se encuentre hacia el cabezal pertinente. Seguidamente el técnico encargado de la puesta en marcha de los hidrantes (en este caso yo, Carlos Molés) programará e interrogará a la unidad remota el parámetro correspondiente a potencia recibida RSSIR (escalado entre 0 y un máximo de 71, como ya vimos). Si este parámetro nos da un valor suficientemente alto (en la práctica hemos observado que por encima de un valor de 20 tenemos una buena calidad de señal) el operario fijará el apuntamiento de la antena mediante unos anclajes situados en la base, y si la señal es inferior a dicho valor, reapuntaremos la antena desplazando su orientación a ambos lados del eje central de apuntamiento evaluando la señal que obtengamos; en el caso de que mejore el operario fijará el anclaje como hemos comentado y en caso contrario buscaremos mejoras como por ejemplo duplicar el mástil para sortear obstáculos existentes, apuntar la remota hacia el otro cabezal para observar si existe mejoría de señal o no, etc. Como podemos observar este método es más rápido que el anterior ya que se ejecuta simultáneamente a la fase de montaje, es por ello que en la práctica casi siempre se elige directamente este procedimiento frente al anterior.

Cabe destacar que una vez realizada la operación anterior en todos los hidrantes obtuvimos señales por encima del umbral de potencia recibida deseada (RSSIR > 20).

5.- Prueba final de funcionamiento: cerraremos todas las llaves de paso de los contadores del hidrante. Bien remotamente desde el PC o más cómodamente desde la PDA en local, daremos orden de apertura al solenoide (WOUT=1). Comprobaremos que carga el condensador primero de la tarjeta de salidas y verificaremos la actuación del embolo del solenoide. Con el solenoide en modo abierto, por cualquier contador pasará agua al abrirle su correspondiente llave de paso, y entonces comprobaremos que la unidad remota captura los pulsos y que los captura en la entrada adecuada (orden IN en la PDA). Con esto quedará el hidrante comprobado tanto a nivel hidráulico, como eléctrico y de comunicaciones.



## **10. Líneas Actuales y Futuras.**

En la actualidad, la obra en sí ha evolucionado muchísimo. Se han ido dando de alta (y de baja en menor medida) numerosos usuarios, debido a que el modo de riego por goteo en la zona ha resultado ser satisfactorio y con un coste asumible para el regante. Además, la obra cuenta ya con dos cabezales más, el cabezal 1 y el 2, que preceden a los de este proyecto en cuanto a estructura hidráulica se refiere, lo veremos en el apartado 10.2.

Por la envergadura de la instalación se lleva a cabo un mantenimiento constante que describiremos en el apartado 10.3. y se llevan a cabo mejoras como la que desarrollaremos en el apartado 10.4.

### **10.1. POSIBLES AMPLIACIONES EN TOMAS DE USUARIO.**

Como hemos mencionado con anterioridad, las unidades remotas se instalan con una tarjeta de 7 entradas y una de 4, además de una tarjeta de 2 salidas. Con ello se podrán ampliar sin necesidad de añadir hardware a las remotas todos los hidrantes de hasta 11 contadores y hasta 2 válvulas. Por otro lado, si en un hidrante requerimos una configuración mayor, añadiendo tarjetas, claro está, llegaremos a tener hasta 14 contadores y hasta 12 válvulas. En esta obra todos los colectores hidráulicos de los hidrantes tienen hasta 12 tomas para usuario (las que están activas llevan un contador y las que no llevan un tapón metálico) y una válvula general, por tanto nunca llegaremos a necesitar más de una unidad remota por hidrante.

Cuando a la Comunidad de Regantes se le pida una ampliación (es decir, un usuario quiera llevar el riego por goteo hasta su parcela), los operarios de la misma instalarán toda la hidráulica que va desde el hidrante hasta la toma final de usuario, el cual deberá repartirse sus gomas y goteros pertinentes. Cuando todo este proceso se haya realizado, Electronobo S.L. procederá a dar de alta el nuevo contador en sus bases de datos para que aparezca gráficamente en el SCADA (ya que solo aparecen los que están dados de alta inicialmente, y los operarios cablearán el contador hasta la remota (ya que han sido formados para ello por parte de Electronobo, para ahorrar costes). Deberán dar de alta todos los datos del contador directamente desde el programa, sin necesidad de que les supervisemos para ello. Así pues el proceso de ampliación de tomas de regantes se convierte en un proceso rápido y sencillo sin grandes costes.

## 10.2. AZUD, CABEZALES 1 Y 2.

La red de Cabezales se ha ampliado en dos más, cabezal 1 y 2, y la numeración es lógica ya que el proceso de guiado del agua será el que veremos en la siguiente figura en forma de flechas de color azul. En la citada figura se representan las comunicaciones vía radio mediante flechas discontinuas de color rojo y con sentido claramente bidireccional.

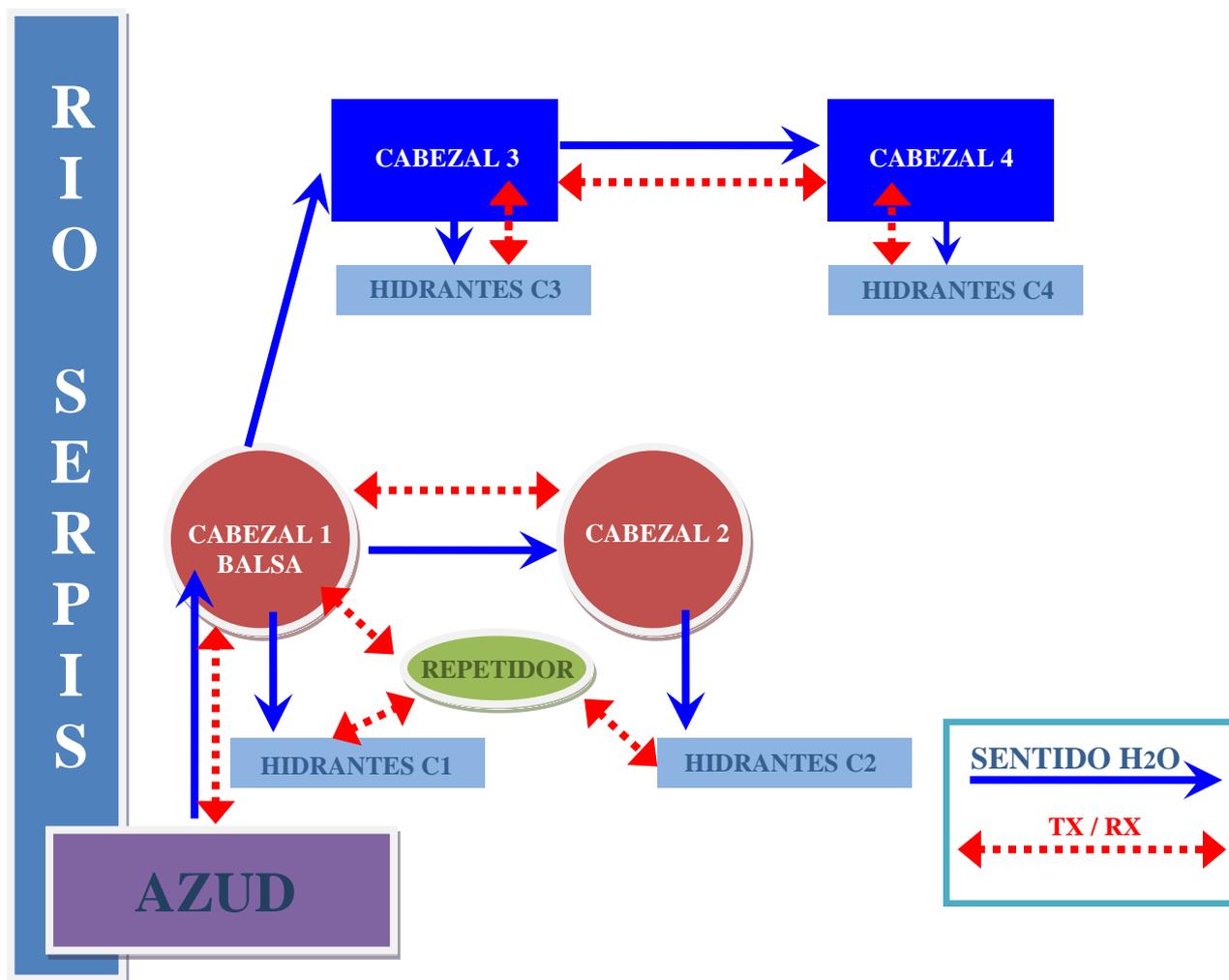
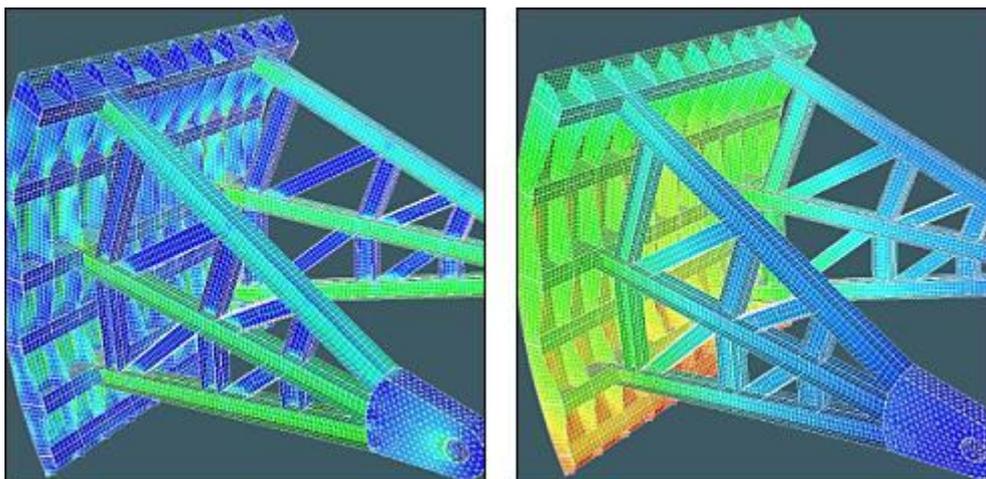


Ilustración 130: Estructura total de la Comunidad de Regantes de la Safor

Con todas estas ampliaciones, la estructura total queda de la siguiente forma:

- AZUD: en primer lugar, en una zona del río Serpis a su paso por el municipio de Villalonga, existe una edificación con dos compuertas tipo "TAINTOR" que son telecontroladas automática o manualmente desde el Cabezal 1, para que mediante su apertura acceda agua a un canal que la llevará (por diferencia de cota, sin necesidad de bombearla) hasta el Cabezal 1.



**Ilustración 131: Compuertas tipo TAINTOR**



**Ilustración 132: AZUD**



**Ilustración 133: CANAL HIDRÁULICO AZUD - CABEZAL 1**

- **CABEZAL 1 Y 2:** El agua que viene desde el Azud, llega al cabezal 1 donde se ha construido una pequeña balsa, que junto con el tramo de canal tapado, forman un “pulmón” hidráulico para que en caso de que las compuertas Taintor se cierren, las bombas puedan parar sin trabajar en vacío. A dicha balsa se le conecta una salida que distribuirá el agua hacia el resto de la red (Cabezales 2, 3 y 4) y se conecta el sistema de bombeo del Cabezal 1 que dará agua a todos los hidrantes de su zona. Todo ello ha sido telecontrolado y centralizado por ELECTRONOBO S.L. en un PC ubicado en el Cabezal 1 (similar a lo que se hizo en el Cabezal 3 y 4). Actualmente ya se controlan ambos PC’s, tanto el de los Cabezales 1 y 2 como el de los Cabezales 3 y 4 desde la oficina central de la Comunidad de Regantes Riu Alcoi, ubicada en el centro de la ciudad de Gandía. Para ello, en ambos PC’s se ha instalado un USB de tipo modem 3G que les conecta a internet, y mediante una aplicación de tipo escritor remoto se consigue este fin. El sistema de bombeo de los dos cabezales (1 y 2) es idéntico, y está formado por 6 bombas, 2 pequeñas (una con variador de frecuencia y una con un arrancador estático) para hacer el llenado de red y el mantenimiento de presión de red, y 4 grandes (1 con variador de frecuencia y 3 con arrancadores estáticos) para el riego de la zona. El sistema de filtrado y abonado es idéntico al que detallamos en el presente proyecto para los Cabezales 3 y 4.

Es fácil intuir que cualquier problema en el Azud o en el Cabezal 1 supone un problema global a la red, ya que de su correcto funcionamiento dependen hidráulicamente todos los demás cabezales y por consiguiente todos los hidrantes de la Comunidad de Regantes.



**Ilustración 134: CABEZAL 1, BALSA, COMPUERTAS BALSA, SISTEMA BOMBEO**

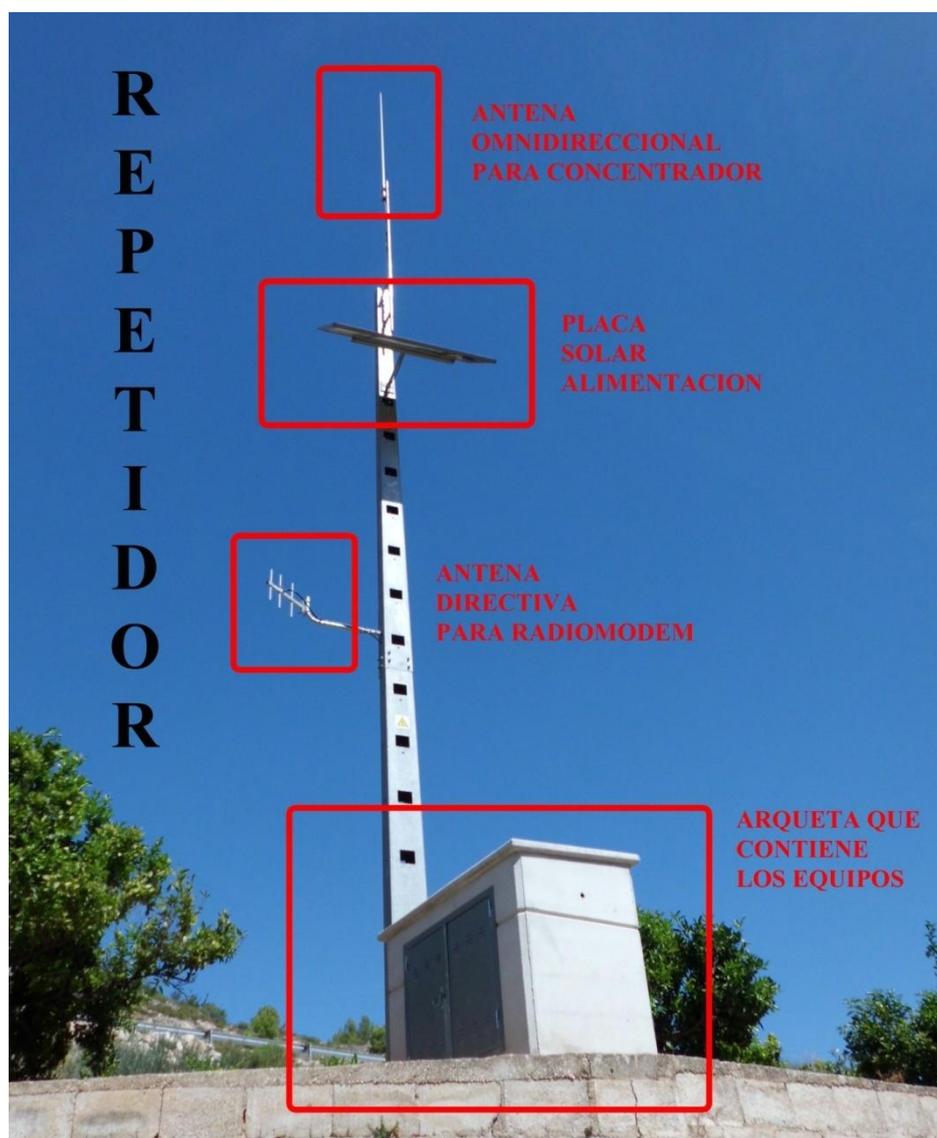
- REPETIDOR

En las zonas 1 y 2 el perfil orográfico es mucho más montañoso que en las zonas 3 y 4 (posiblemente porque nos vamos alejando de la costa) y por tanto para cubrir radioeléctricamente dichas zonas no será suficiente con instalar unidades concentradoras en ambos cabezales. Existe una zona al este de ambos cabezales que se encuentra totalmente rodeada por picos montañosos, si bien de altura no muy elevada, pero también es cierto que impiden, en gran medida las comunicaciones.

Para subsanar esta zona “oscura” de cobertura se le plantearon a la comunidad varias ubicaciones en las que instalar un repetidor de señal, a fin de que les fuera lo más sencillo y económico posible. Para ello se llevo a cabo un estudio de coberturas idéntico al realizado en el apartado 4 del presente proyecto y se ratificó el punto elegido por la Comunidad de Regantes mediante la implantación de un repetidor de prueba instalado en una furgoneta de Electronobo S.L. Se decidió emplazar el repetidor en el citado punto debido a que se encontraba en una parcela propiedad de uno de los regantes de la Comunidad que facilitó los trámites oportunos.

El repetidor en cuestión está formado por:

- Torreta de 9 metros.
- Antena omnidireccional para concentrador.
- Antena direccional para radiomódem.
- Arqueta de seguridad para contener los equipos que alberga:
  - Concentrador.
  - Radiomódem
  - Placa solar.
  - Batería acumuladora de carga.
  - Cuadro eléctrico con fuente de alimentación-reguladora de carga.



**Ilustración 135: REPETIDOR**

Al igual que hemos observado en la ilustración inicial de este apartado, es sencillo darse cuenta de que el radiomódem está apuntando al Cabezal 1 para así trasladar la información del concentrador convenientemente al PC de control y viceversa.

- POZO MANDARIN

Por último, al igual que se planteó la posibilidad de que las necesidades hidráulicas aumentarán y no se pudieran satisfacer con el agua proveniente del río, se automatiza un pozo auxiliar (sólo uno con capacidad de extracción mayor que cualquiera de los del Cabezal 3), el denominado Pozo mandarín. En este caso el cuadro eléctrico está formado por un pequeño autómeta y por un radiomódem direccionado al Cabezal 1, y se ha procedido a automatizar simplemente la orden de marcha/paro/avería, el caudal de extracción instantáneo y acumulado, alarma de fallo de programación, y capacidad para programar el arranque y paro en una franja horaria. Además de la bomba sumergida usada para la extracción, ha sido necesario colocar una bomba exterior para impulsar el agua hacia el Cabezal 1 debido a las diferencias de cota, lo cual no ocurría en los pozos auxiliares de los Cabezales 3 y 4. Por ello, nos hemos visto obligados a automatizar también el arranque y paro de esta bomba de impulsión.



**Ilustración 136: Bomba de Impulsión Pozo Mandarín**

### **10.3. PLAN DE MANTENIMIENTO.**

Una vez finalizada la obra de los Cabezales 3 y 4, tras la certificación total pertinente firmada por la empresa constructora y por la Comunidad de Regantes, entra en vigor un periodo de garantía en todos nuestros equipos de 2 años. Pasado este periodo de garantía se plantean dos opciones:

- A. Electronobo S.L. realizará el mantenimiento de todos los hidrantes y de los cabezales, cubriendo todas las averías no provocadas por factores externos (daños por tormentas eléctricas, robos, roturas derivadas de un mal uso de las instalaciones, etc.). Para ello se ofertan 3 precios:
- un precio de mantenimiento por hidrante y año.
  - un precio de mantenimiento por Cabezal y año.
  - Además de un precio de mantenimiento del Software del PC del Centro de Control, que cubriría la reposición del software íntegramente en caso de daños irreparables en el PC.

Todos ellos son revisables y renovables anualmente.

- B. La posibilidad de formar a un equipo externo a Electronobo S.L. para que lleve a cabo todas las tareas de mantenimiento citadas en el punto anterior (a excepción de la del Software, obviamente) facilitándole las herramientas de trabajo adecuadas (PDA y software de revisión de hidrantes) y formándolos técnicamente en la medida de lo posible.

En un primer momento, la Comunidad de Regantes opta por la opción B, siendo la empresa externa elegida la misma constructora que se encarga de la implantación de los hidrantes del Cabezal 1 y 2, dicha empresa será CYCA S.L. (Construcciones y Canalizaciones S.L.). Electronobo solo se encargará (aparte de la formación técnica mencionada) del mantenimiento integral del Software del PC de Control. Esta decisión viene motivada por la proximidad de la empresa CYCA S.L. a las instalaciones, ya que su sede se encuentra en Gandía.

A la hora de renovar el mantenimiento con la empresa CYCA S.L. la Comunidad de regantes, en su afán de optimizar costes, propone a Electronobo la formación técnica anterior a un equipo de personal contratado ya por la comunidad, sin depender de empresas externas, anulando así el contrato que tenía con CYCA (empresa ya desaparecida en la actualidad). Y esta solución es la que se está llevando a cabo en la actualidad, siendo Electronobo el encargado del mantenimiento informático del Software de Control y el proveedor de piezas de recambio en las unidades remotas de los hidrantes.

#### **10.4. SISTEMA DE ALARMA ANTI-INTRUSISMO A PETICION DE LA COMUNIDAD DE REGANTES.**

En el último año, la Comunidad de Regantes ha sido el objetivo de los ladrones de cobre, sufriendo el robo de numerosos contadores en los hidrantes y causando daños de cuantioso valor. Por ello, se nos solicitó la instalación de un sistema anti-intrusismo en los hidrantes, de forma que cuando se abra una puerta de un hidrante sin autorización, inmediatamente se activa una alarma en el PC del Centro de Control, siendo enviada a los móviles que se desee. Para ello, en un primer momento se eligieron hidrantes al azar para no instalarlos en todos ellos y que no suponga un gran desembolso económico para los regantes. Con ello se protegería el sistema por zonas de hidrantes, ya que es bien sabido que cuando los ladrones “actúan” no lo hacen en un solo hidrante, sino en varios de la misma zona. Si fuera necesario, posteriormente, se protegería toda la obra instalando dichos sistemas de alarma en cada hidrante.

El sistema es sencillo, se instala un imán en la puerta del hidrante, que está confrontado con un contacto ferromagnético instalado fijo en el marco de la puerta. Dicho contacto se cablea a una entrada de la unidad remota Gootem, la cual se encuentra definida en el programa de gestión del riego como alarma de intrusión de dicho hidrante. Así pues mientras la puerta se mantenga cerrada el contacto estará cerrado ó enclavado, dándonos la entrada activa (o lo que es lo mismo, dándonos un cortocircuito). Cuando se abra la puerta o se corte el cable, el contacto se abrirá, dándonos el contacto abierto y con ello activándonos la alarma, ya que esta se activa en el flanco de bajada, o lo que es lo mismo en el paso de uno a cero de la entrada pertinente. El sistema permite habilitar o deshabilitar la alarma de intrusión de cada hidrante, para que si un operario debe hacer una reparación, se deshabilite desde el PC la alarma y no genere el correspondiente mensaje.

Una de las ventajas de este sistema, añadida a su bajo coste, es la discreción, ya que al no ser sonora, el intruso no percibe su activación, siendo posible el no ahuyentarlo y capturarlo eficazmente.

En total se han instalado estos dispositivos de alarma en 30 hidrantes, encontrándose en la actualidad en fase de prueba y con la posibilidad futura mencionada de ampliarlos a la totalidad de los hidrantes, tanto de los Cabezales 3 y 4 como de los Cabezales 1 y 2.



## 11. Conclusiones.

Al inicio del presente proyecto se establecieron una serie de objetivos a alcanzar con la implantación del sistema de telecontrol aquí descrito que como vamos a ver se han conseguido con éxito. Se pretendía, por encima de todo, obtener un sistema SENCILLO y CENTRALIZADO de control de todas las operaciones implicadas en el riego y esto se ha conseguido ya que el sistema es:

- SENCILLO: el personal asignado ha recibido una formación breve y sencilla por nuestra parte, quedando a su disposición para cualquier duda que les surja al respecto, y a día de hoy, apenas solicitan nuestra ayuda, pues les pareció muy fácil de utilizar y controlaron todos los procesos prácticamente desde el primer día.
- CENTRALIZADO: puesto que desde una PC con conexión a internet podemos acceder tanto al PC de control de los Cabezales 3 y 4 como al de los Cabezales 1 y 2, siendo capaces de controlar cualquiera de los procesos que intervienen en un riego hasta la toma de usuario desde un punto de control único.

Se ha obtenido un sistema de riego que optimiza al máximo el uso del agua, consumiendo solo la cantidad justa y necesaria de este bien tan preciado y en ocasiones escaso. Con nuestro sistema se han reducido las tareas de mantenimiento de las tierras, como por ejemplo la eliminación de las malas hierbas y el aporte controlado y centralizado de nutrientes, mejorando así la calidad de vida de los regantes y también la productividad de las tierras.

Así mismo la cantidad de operarios que controlan la instalación y la mantienen ha disminuido considerablemente, y con ello los gastos económicos que ello supone, repercutiendo en una mayor rentabilidad del sistema respecto al sistema tradicional.

También hemos conseguido una recopilación centralizada y ordenada de los datos de facturación, mejorando las tareas administrativas y optimizando los cobros de los recibos de consumo y demás.

En la actualidad, el sistema se encuentra operando a pleno rendimiento tanto en los Cabezales 3 y 4 como en el 1 y 2, con lo cual nos podemos dar por muy satisfechos, dado la extensión a telecontrolar y los numerosos equipos que intervienen, además es digno de mención que la cantidad de unidades remotas a reparar está siendo muy baja y con ello el coste de mantenimiento de la instalación en piezas está siendo muy asequible.



## **12. Anexos:**

# **ANEXO I:**

## **MANUALES DE USUARIO UNIDAD REMOTA GR, CONCENTRADOR, RADIOMODEM.**



# UNIDAD REMOTA SERIE GR



# MANUAL DE USUARIO

Versión 3.2

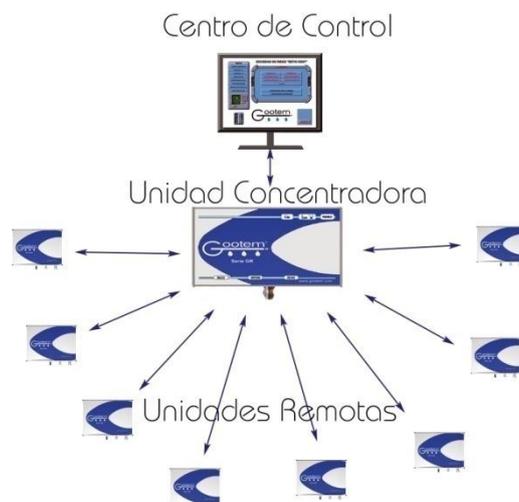
## Índice

1. Características generales
2. Componentes de la Unidad Remota
3. Instalación
  - Anclaje de la unidad
  - Instalación del módulo radio
  - Conexión de la antena
  - Instalación y conexionado de las tarjetas de entradas/salidas
  - Instalación o sustitución de la batería
4. Configuración
  - Conexionado del cable serie
  - Configuración inicial
5. Dimensiones

ANEXO I: Listado completo de comandos  
ANEXO II: Conexión de distintos tipos de solenoides  
ANEXO III: Especificaciones técnicas  
ANEXO IV: Declaración de conformidad

## 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

El sistema de gestión de riego Gootem se compone de una unidad concentradora con capacidad de gestión de hasta 132 unidades remotas.



La unidad remota es la parte del sistema que se instala en la caseta de los hidrantes, y cuyas funciones son:

- Lectura de contadores o generadores de impulsos
- Lectura de sensores analógicos
- Actuación de electroválvulas o relés del tipo "latch"
- Almacenamiento de datos en memoria
- Recepción y transmisión de datos vía radio

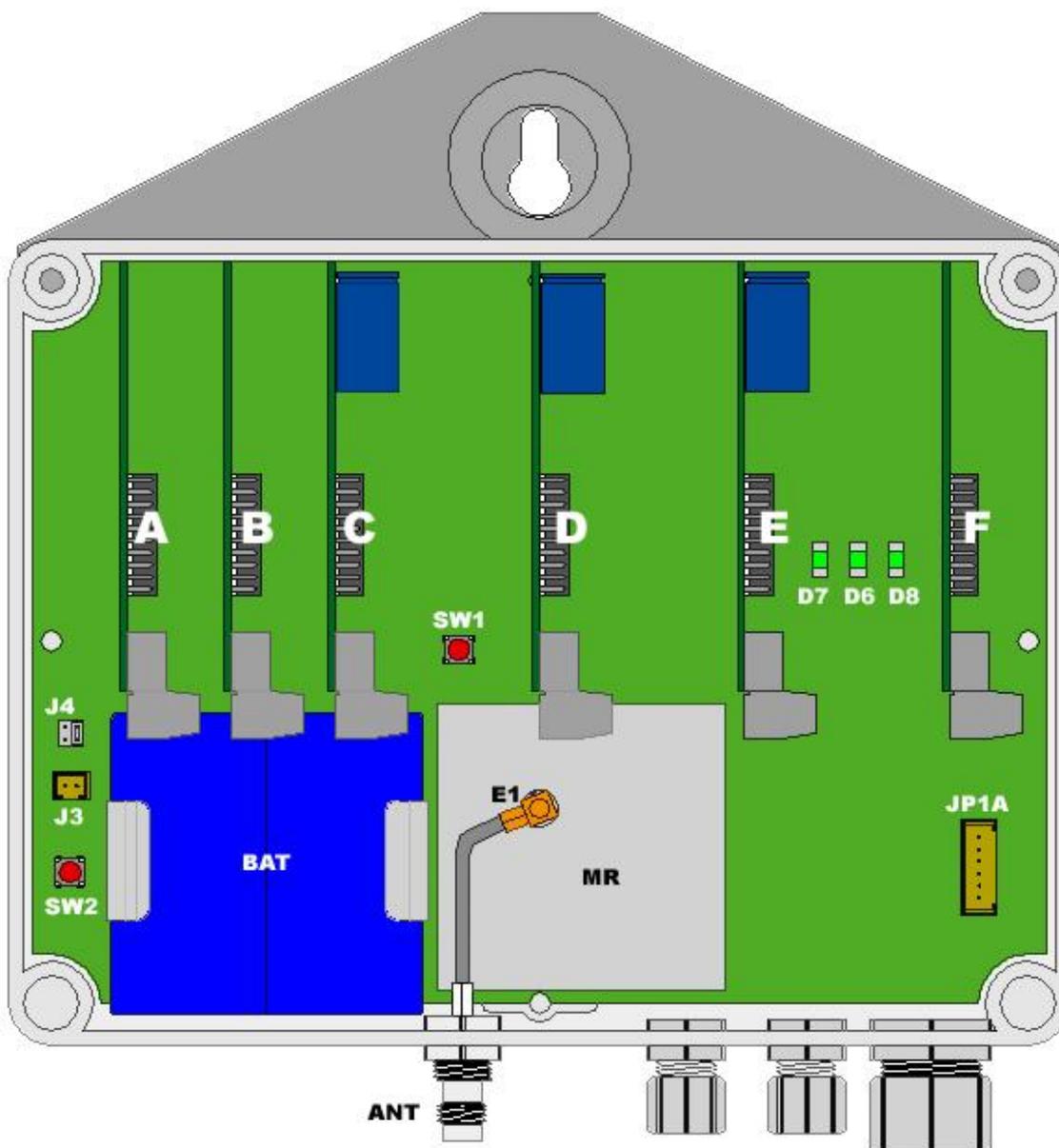
La unidad remota serie GR de Gootem está diseñada de forma modular, dividiendo cada bloque según su función en tarjetas insertables. La ampliación de la unidad se realiza simplemente añadiendo tarjetas, sin que sea necesaria su reprogramación.

Su funcionamiento consiste en monitorizar periódicamente el estado de los contadores y sensores analógicos y enviar las lecturas vía radio a la unidad concentradora para su procesado. Cuando la unidad concentradora le envía la orden de riego de parcela, la unidad remota actúa sobre la correspondiente electroválvula, permitiendo o impidiendo el paso de agua.

Su fuente de energía es una batería de litio que le proporciona una autonomía de más de tres años de funcionamiento ininterrumpido, con una programación de riego diaria.

Viene montada dentro de una caja de PVC resistente a altas temperaturas y estanca para evitar que la humedad o los insectos afecten a la circuitería interna. Como medida extra de protección ante la humedad, las placas de circuito impreso vienen tropicalizadas para evitar su deterioro por oxidación.

## 2. COMPONENTES DE LA UNIDAD REMOTA



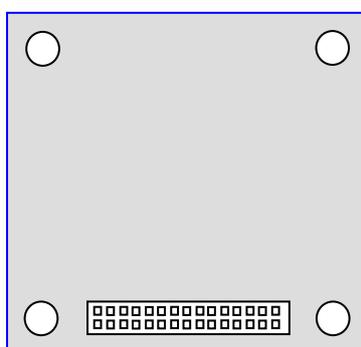
- A, B, C, D, E, F:** tarjetas de entradas/salidas
- MR:** Módulo radio
- BAT:** Batería
- J3:** Conector batería
- J4:** Puente alimentación
- SW1:** Pulsador RESET
- SW2:** Pulsador STORE
- JP1A:** Conector comunicación serie (configuración)
- D7:** LED indicador de transmisión/recepción de datos vía radio
- D6:** LED indicador de sincronismo
- D8:** LED indicador de desincronización o bien de sincronización pendiente
- E1:** Conector módulo radio SMB
- ANT:** Conector antena TNC

## 3. INSTALACIÓN

### 3.1. Anclaje de la unidad:

La unidad remota viene montada en una caja de PVC estanca con nivel de protección IP55, resistente a altas temperaturas (hasta 70°C), autoextinguible y de doble aislamiento. Debe ser instalada en el interior de una caseta de hormigón ventilada, al resguardo de la lluvia y del Sol. Está preparada para ser sujeta a la pared mediante un único tornillo aunque también puede ser anclada mediante tornillos internos. Debe ser montada en posición horizontal, con los cables saliendo hacia abajo. Recomendamos que se sitúe en un lugar fácilmente accesible y a cierta altura del suelo, cerca de la antena, los contadores y las electroválvulas pero sin que la humedad o las vibraciones le afecten.

### 3.2. Instalación del módulo radio:



La instalación del módulo radio en la placa base consiste únicamente en insertar el conector macho de la cara inferior en el correspondiente conector hembra de la placa base de la unidad remota, y fijarlo mediante los correspondientes tornillos.

### 3.3. Conexión de la antena:

Este punto es especialmente importante, pues el funcionamiento de la unidad remota sin antena podría dañarla. Tras conectar la batería la unidad comienza su funcionamiento normal, durante el cual recibe datos del concentrador y cuando éste se lo solicita envía datos vía radio. Por tanto se debe garantizar que el cable de antena esté conectado SIEMPRE que la unidad esté alimentada. La conexión al módulo radio se realiza a través de un conector SMB (dorado) que se inserta a presión, y del conector de antena del tipo TNC (hembra) que se conecta a rosca. Se recomienda conectar la antena inmediatamente después de instalar la unidad en la pared de la caseta, y no desconectarla a no ser que la unidad deba ser sustituida por otra.

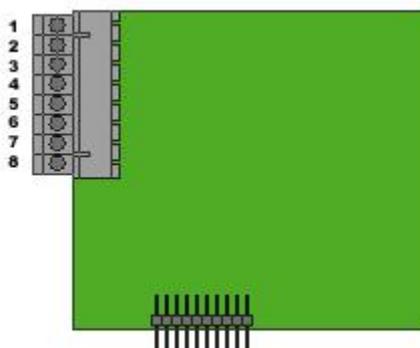
### 3.4. Instalación y conexionado de las tarjetas de entradas/salidas:

Si la unidad tiene la batería instalada, ésta debe ser desconectada mientras se manipulen las tarjetas de entradas y salidas, pero para evitar la **pérdida de los totalizadores pulsaremos STORE** con lo que almacenara dichos datos en memoria no volátil. Seguidamente se procederá a extraer J4 o J3 y se pulsará varias veces RESET hasta que deje de iluminarse el led D7, con esta operación descargaremos los condensadores de filtrado.

La placa base incluye seis ranuras de interfaz con las tarjetas, pudiéndose conectar indistintamente una tarjeta de entradas o de salidas en cada ranura. No obstante, se puede observar que la separación entre las ranuras "C", "D" y "E" es mayor que la de las ranuras "A", "B" y "F", por lo cual se recomienda que las tarjetas de salidas (más voluminosas que las de entradas) sean instaladas aquí. Se pueden conectar un máximo de dos tarjetas de entradas digitales, tres de salidas y una tarjeta de entradas analógicas. Se debe poner especial cuidado en que las tarjetas queden completamente perpendiculares a la placa base y en que el conector haya sido insertado correctamente.

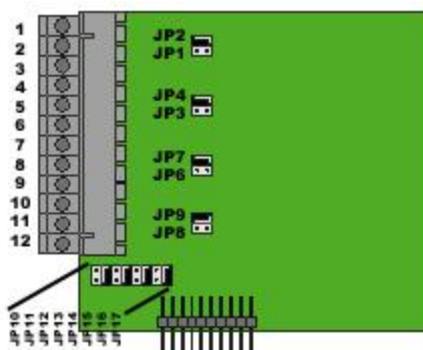
### Conexión y configuración:

- Tarjeta de entradas digitales



En estas tarjetas irán conectados los contadores o generadores de impulsos, o en general cualquier tipo de dispositivos libres de tensión que generen pulsos con una cadencia inferior a 1 pulso por segundo. La capacidad de esta tarjeta es de hasta 7 entradas digitales, conectadas en los pines 1 al 7 del conector, siendo el pin 8 el común.

- Tarjeta de entradas analógicas



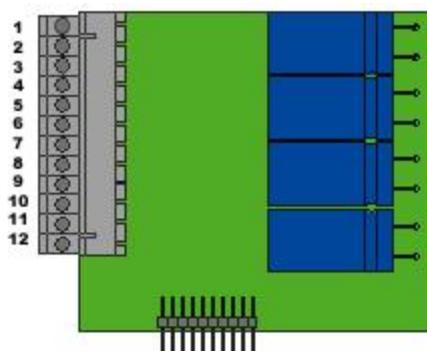
Proporciona conectividad para todo tipo de sensores analógicos que generen una tensión entre 0 y 10V o bien una corriente de 4 a 20 mA. La capacidad de la tarjeta es de 4 entradas para obtener una resolución de 8 bits o de 2 entradas de 12 bits.

Conexión de los sensores a la tarjeta analógica:

- La tarjeta puede proporcionar alimentación a los sensores a través del borne nº1. JP10 y JP11 permiten seleccionar el valor de la tensión de alimentación (aproximadamente 18,5V con puente en JP10 y 7,2V con puente en JP11). Hay que poner mucha atención, ya que nunca se deben de puentear simultáneamente JP10 y JP11, ni situar el puente de modo que los interconecte, pues se produciría un deterioro de la unidad. Por defecto las tarjetas analógicas vienen configuradas para alimentación externa de 18,5V (puente en JP10).
- El borne nº2 es la entrada de señal. Ésta puede ser configurada como entrada por corriente de 4 a 20 mA (puente sobre JP1) o por tensión de 0 a 10V (puente sobre JP2). La configuración de fábrica es la de entrada por corriente (JP1).
- El borne nº3 es tierra (0V).

El resto de las entradas se configuran de forma análoga a la primera.

#### - Tarjeta de salidas digitales



Aquí se conectan las electroválvulas o relés de tipo “latch”. La capacidad de cada tarjeta es de hasta 4 salidas, y admite solenoides de dos y de tres hilos (los solenoides a dos hilos se conectan únicamente entre los bornes 1 y 2).

El conexionado del primer solenoide se debe realizar teniendo en cuenta el funcionamiento de la tarjeta:

- Una orden de apertura genera un pulso positivo en el borne 1 y un nivel 0 en el borne 2
- Una orden de cierre genera un nivel 0 en el borne 1 y un pulso positivo en el borne 2
- El borne 3 es el positivo común.

El segundo, tercer y cuarto solenoide se conectan de modo similar en los bornes sucesivos.

Para ver las conexiones de electroválvulas de varios fabricantes, consultar el anexo I.

Una vez insertadas y conectadas las tarjetas, al restablecer el puente J4 la unidad remota detectará automáticamente la nueva configuración de entradas/salidas, recuperará los datos de la memoria y continuará con su funcionamiento normal.

### 3.5. Instalación o sustitución de la pila:

Precaución: La unidad funciona con una batería de litio NO RECARGABLE. No debe emplearse ningún tipo de batería distinta a la original. El funcionamiento con otros tipos de baterías podría dañar la unidad.

Si la unidad viene desprovista de batería, los pasos a seguir para su instalación son los siguientes:

1. Extraer el puente J4.
2. Instalar la batería en la ubicación correspondiente y conectarla al conector J3 de la placa base.
3. Insertar el puente J4.
4. Pulsar “RESET”
5. Configurar la unidad (ver apartado de configuración).

En cambio, si la operación a realizar es un cambio de pila, para que la unidad no pierda los datos de contadores es necesario almacenarlos, para su posterior recuperación. Los pasos a seguir serán:

1. ANTES DE DESCONECTAR LA BATERÍA GASTADA, pulsar “STORE”. Con esto se almacenarán los datos de la unidad en memoria no volátil.
2. Extraer el puente J4.
3. Pulsar varias veces RESET para provocar la descarga de los condensadores de filtrado.
4. Sustituir la batería usada por una completamente nueva.
5. Insertar de nuevo el puente J4.
6. Pulsar “RESET”. Con esto se recuperarán automáticamente los datos de la unidad y ésta continuará su funcionamiento normal.

No será necesaria la reconfiguración de la unidad, pero se recomienda que se compruebe algún totalizador como por ejemplo el T1, T2, etc.

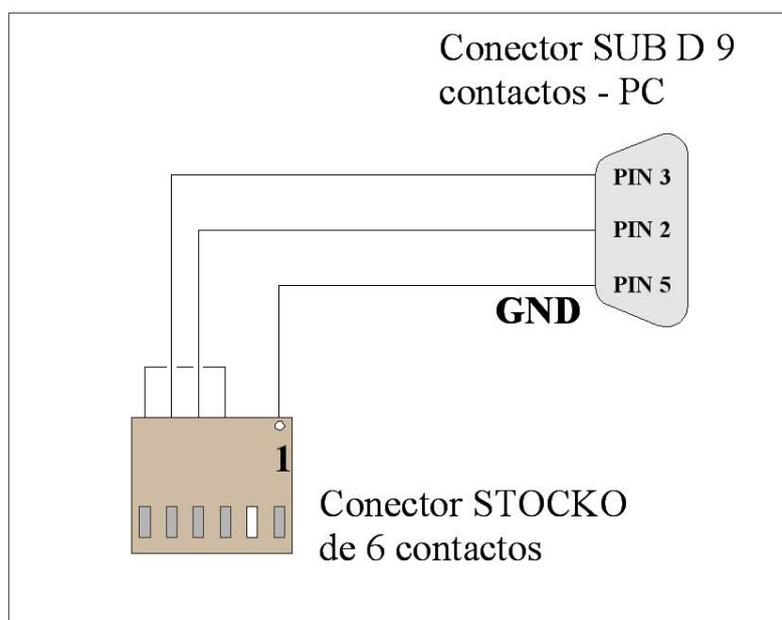
**Nota: Si cuando accedemos a la unidad remota, observamos que el indicador luminoso D7 parpadea, cambiaremos la pila sin pulsar ningún interruptor.**

## 4. CONFIGURACIÓN

Para la configuración de la unidad es necesaria la comunicación serie con un PC, y esto se lleva a cabo mediante el cable suministrado (RS232 en el extremo del PC y STOCKO en el de la placa base) y un programa de comunicación por puerto serie, como por ejemplo el HyperTerminal de Windows. La comunicación debe estar configurada a la velocidad de 2400 bps, 8 bits de datos y 1 bit de stop, sin paridad y sin control de flujo. Para la conexión del cable no es necesario resetear la unidad. Durante el proceso de configuración la unidad debe estar correctamente alimentada. El cable serie aumenta ligeramente el consumo de energía de la unidad, y por tanto para alargar la vida de la batería se recomienda que se desconecte una vez se haya finalizado el proceso de configuración.

### 4.1. Conexión del cable serie:

El esquema del cable de comunicación serie de la unidad remota es el siguiente:



## 4.2. Configuración inicial:

Tras instalar la batería, la antena y las tarjetas de entradas y salidas se debe proceder a la configuración inicial de la unidad. En condiciones normales de funcionamiento la unidad no requerirá reconfiguración. Sólo será necesaria tras un fallo en el mantenimiento, como por ejemplo un cambio de pila mal realizado o una descarga total de la misma, o por una desconfiguración de la unidad causada por un funcionamiento anómalo.

Una vez conectado el cable y establecida la comunicación, el procedimiento de configuración inicial de la unidad remota es el siguiente (para consultar el listado completo de comandos y parámetros de configuración ver el anexo I):

1. En primer lugar se debe establecer el número que tiene asociada la unidad remota dentro del sistema de riego. Esto se lleva a cabo mediante el comando:

N=<valor>

(el número de remota debe de estar en el rango entre 1 y 132)

2. Configuraremos el numero de solenoides que debemos utilizar con el comando:

NOUT=<valor>

3. Revisaremos la potencia de transmisión del equipo radio comprobando el comando PO que nos debe coincidir con la etiqueta de calibración del equipo radio:

PO (nos contestara el valor actual)

PO=<valor>

**Nota: Para equipos de radio que no se encuentre etiquetado este valor, se deberá programar a FF (PO=FF).**

4. A continuación se procederá a la configuración de los contadores:

El comando TDIVx permite ajustar el divisor del impulsor.

TDIVx=<valor>

El comando QINTx permite ajustar el factor de caudal.

QINTx=<valor>

Una vez introducidos el factor de división (Totalizador) y el factor de caudal sincronizaremos los contadores electrónicos con los mecánicos. Para ello se leerá cada contador y se actualizará el valor almacenado mediante el comando:

Tx=<valor>

, donde:

‘x’ corresponde al número que tiene asociado el contador (de 1 a 14), que dependerá de la tarjeta de entradas a la que esté conectado.

<valor> es el valor numérico del contador, normalmente de 4 dígitos.

5. Seguidamente se configurará el número de red mediante el comando:

RED=<valor>

(el número de red debe de estar en el rango de 1 a 10, y debe de coincidir con el de la unidad concentradora)

6. Por último se seleccionará el canal de operación de la unidad remota mediante la orden:

CH=<valor>

(el número de canal debe de estar en el rango entre 1 y 160, y debe de coincidir con el de la unidad concentradora)

Llegados a este punto, se desconectará el cable de configuración, se pulsará SW2 (STORE) para almacenar los parámetros de los contadores en memoria no volátil y se pulsará SW1 (RESET).

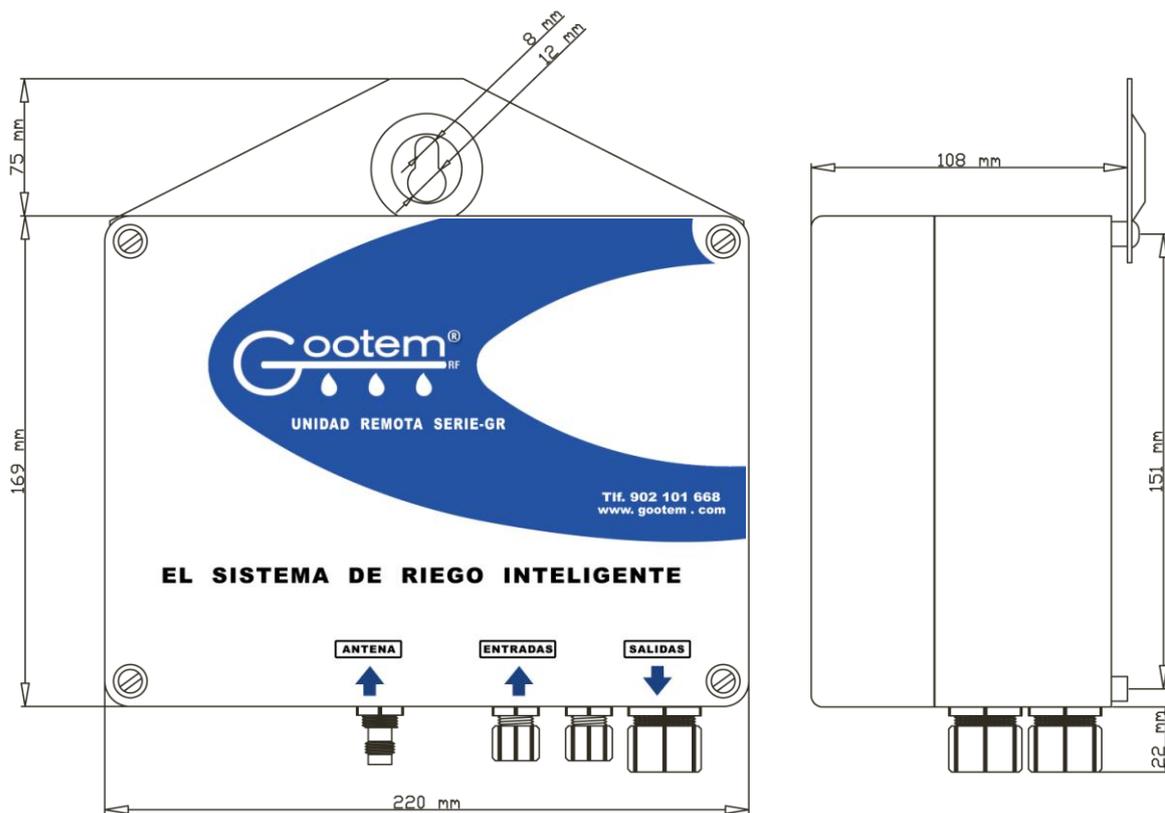
Si se recibe señal de la unidad concentradora el led D8 se encenderá aproximadamente cada 3 segundos indicando que la unidad está pendiente de sincronización, y al cabo de un máximo de 1 minuto la unidad

se sincronizará, pasando a intermitencia el led D6. Una vez la unidad se ha sincronizado se puede proceder a cerrar la caja.

En cambio, si tras pulsar el RESET la unidad remota no recibe señal de su unidad concentradora el led D8 se encenderá aproximadamente cada 10 segundos. Esto puede ser debido a que:

- La unidad remota y la unidad concentradora no están en la misma red o canal. Comprobar el número de red y el canal.
- La unidad remota está fuera del radio de cobertura de la unidad concentradora, o tras algún obstáculo que impida la comunicación.

## 5. DIMENSIONES



## ANEXO I:

### COMANDOS DE CONFIGURACIÓN

Listado completo de comandos (accesible mediante el comando '?'):

Comandos:(L)-Lectura, (E)-Escritura, [h]-Hexadecimal

.? (L) : Ayuda  
.V (L) : Versión  
.SN (L) : Numero Serie  
.DEF (E) : Parámetros por defecto  
.RED (L/E): Numero Red  
.N (L/E): Numero Unidad  
.CH (L/E): Numero Canal Radio  
.F (L) : Frecuencia Radio  
.COMR (L) : Fallos Recepción  
.RSSIR(L) : Nivel RSSI  
.RSSAR(L) : Nivel RSSI Amplificado  
.SIN (L) : Nivel Sincronismo  
.BAT (L) : Estado Batería  
.IN (L) : [h] Entradas  
.OUT (L) : [h] Salidas  
.WOUT (L/E): [h] Orden Activación Salidas  
.COUT (L) : [h] Salidas Cargando Condensador  
.NOUT (L/E): Numero Salidas habilitadas  
.NA (L/E): Numero Entradas Analógicas habilitadas  
.TA (L/E): Tipo Entradas Analógicas (12 bits)(8 bits)  
.TMA (L/E): [d] Tiempo de muestreo analógica  
.FI0-FI1 (L/E) [h] : Filtro de Entradas en unidades de 1/16 seg  
.T1-T14 (L/E): Totalizadores  
.TDIVX (L/E): Factor División Totalizadores Global  
.TDIV1-TDIV14 (L/E): Factor División Totalizadores Individual  
.Q1-Q14 (L) : Caudales  
.QINTX (L/E): Factor Intervalo Caudal Global  
.QINT1-QINT14 (L/E): Factor Intervalo Caudal Individual  
.A1-A4 (L/E): [h] Valor escalado Entradas Analógicas  
.AD1-AD4 (L) : [h] Valor sin escalar Entradas Analógicas  
.AMAX1-AMAX4 (L/E): [h] Fondo escala analógicas  
.AMIN1-AMIN4 (L/E): [h] Valor cero analógicas  
.PO (L/E): [h] Potencia de salida equipo radio  
.TMA (L/E): [d] Tiempo de muestreo analógica

**Versión (-V-):**

Sólo de lectura.

La unidad nos devolverá la versión del software instalado en su interior.

**Número de Serie (-SN-):**

Sólo de lectura.

La unidad nos devolverá el número de serie, el cual debe coincidir con el existente en la pegatina situada en el exterior de la unidad.

**Parámetros de Fábrica (-DEF-):**

Sólo de ejecución.

Este comando devolverá a la unidad a la configuración por defecto de fábrica.

**Número de Red (-RED-):**

Parámetro de lectura y escritura decimal.

Nos permite la verificación y la escritura de la red seleccionada. Ésta debe ser la misma que la seleccionada en la unidad concentradora. El valor debe de estar entre 0 y 10. Se recomienda no utilizar el valor 0, ya que las unidades vienen por defecto con este valor.

**Número de Unidad (-N-):**

Parámetro de lectura y escritura.

Nos permite asignar el número de unidad dentro de nuestro sistema. Debemos tener en cuenta que la unidad concentradora sólo soporta como máximo 132 unidades remotas, por lo que el número máximo de unidad será 132.

El valor tomado por defecto será el 1.

Nota: El cero no se cuenta como número de unidad.

**Número de Canal Radio (-CH-):**

Parámetro de lectura y escritura decimal.

Nos permite seleccionar el canal a utilizar en las transmisiones radio.

El canal 0 equivale a la frecuencia base 418.0000 MHz. Tendremos en cuenta que la canalización es de 12.5 kHz y que la frecuencia máxima son 420.0000 MHz, con esta canalización tendremos disponibles 160 canales.

Ejemplo: Queremos trabajar en una frecuencia de 419.8750. Si le restamos la frecuencia base 418.0000 nos da 1.8750 y si este resultado lo dividimos por la canalización (0.0125 MHz) tendremos el resultado del canal (ch=150).

**Frecuencia Radio (-F-):**

Parámetro de lectura decimal.

Nos devolverá la frecuencia de trabajo equivalente al canal de radio seleccionado.

**Fallos de Recepción (-COMR-):**

Parámetros de lectura decimal.

Es un contador existente en la unidad, el cual nos indica la cantidad de fallos que se han producido en la recepción. Este contador se reinicia con la pulsación del reset y va incrementándose según los fallos de recepción.

Se considera un fallo de recepción cuando la unidad remota está preparada para recibir datos de la unidad concentradora y los datos no llegan o son erróneos.

El contador tiene como valor máximo 255.

**Nivel RSSI (-RSSIR-):**

Parámetro de lectura decimal.

Nos devuelve una estimación de la calidad del enlace radio. Éste no debe tomar un valor inferior a 20, para asegurarnos de que el enlace radio es correcto. Con valores inferiores a 20 las unidades remotas funcionan pero no se asegura la correcta comunicación entre los dos dispositivos.

**Nivel RSSI Amplificado (-RSSIAR-):**

Parámetro de lectura decimal.

Es el mismo parámetro que el RSSIR, pero en el cual se le ha aplicado una amplificación de recepción desde el dispositivo radio. Como la amplificación puede ser variada automáticamente por el equipo radio, este parámetro sólo es informativo.

**Nivel Sincronismo (-SIN-):**

Parámetro de lectura decimal.

Es el nivel de sincronismo de la unidad remota con la unidad concentradora, existen varios puntos:

- 0 - Sincronización perfecta.
- 1 - Sincronización buena.
- 2 – Sincronización regular.
- 255 – No existe sincronización.

Una de las posibles causas de que “No exista sincronización” puede ser que aún no se haya recibido la unidad concentradora o que ésta no esté funcionando.

**Estado de Batería (-BAT-):**

Parámetro de lectura decimal.

Nos informa del estado de descarga de la pila de la unidad remota, el cual debe estar comprendido entre los siguientes valores:

- |                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Valor > 185       | - Buen estado.            |
| 185 < Valor < 175 | - Pre-alarma sustitución. |
| Valor < 175       | - Pila en mal estado.     |

**Entradas (-IN-):**

Parámetro de lectura hexadecimal.

Se realiza la consulta del estado de las entradas digitales.

Por ejemplo: IN  
25 h  
OK

Esto nos indica al transformarlo a binario ( 0010 0101 ) que las entradas 1,3,6 se encuentran activas y el resto inactivas.

**Salidas (-OUT-):**

Parámetro de lectura hexadecimal.

Se realiza la consulta del estado de las salidas. Esta indicación nos muestra el estado real de las salidas.

El formato del dato es hexadecimal por lo que deberemos realizar la conversión como en el caso de las entradas.

**Orden de Activación Salidas (-WOUT-):**

Parámetro de lectura y escritura en hexadecimal.

El formato del dato es hexadecimal por lo que deberemos realizar la conversión como en el caso de las entradas.

Este parámetro cumple dos funciones:

- o Si existe sincronización con la unidad concentradora, podremos determinar la orden enviada por la misma para el estado de las salidas.
- o Si no existe sincronización con la unidad Concentradora, podremos escribir dicho parámetro para realizar la comprobación de la activación de las salidas.

Hasta que no se realice por completo la acción deseada, no tendremos el cambio de estado en el comando OUT.

Se da prioridad sobre las órdenes recibidas desde la unidad Concentradora, por lo que para una comprobación manual, es conveniente desincronizar la unidad remota (por ejemplo cambiando el número de RED).

**Salidas Cargando Condensador (-COUT-):**

Parámetro de lectura hexadecimal.

Se realiza la consulta del estado de carga de condensadores. Esta indicación nos muestra que salidas van a cambiar de estado por encontrarse cargando el condensador correspondiente a dicha salida

(el cambio puede ser, de apertura o de cierre, dependiendo del estado anterior de la salida OUT y la orden recibida WOUT).

El formato del dato es hexadecimal por lo que deberemos realizar la conversión como en el caso de las entradas.

**Número Salidas Habilitadas (-NOUT-):**

Parámetro de lectura y escritura en decimal.

Indicamos a la unidad el número de salidas conectadas en la misma. Este número puede estar comprendido entre 0 y el valor máximo de 12.

Este parámetro es importante porque de él depende que sean operativas las salidas o no, con lo que en el momento de sincronización de la unidad pondrá a cero el número de salidas habilitadas.

**Número Entradas Analógicas Habilitadas (-NA-):**

Parámetro de lectura y escritura en decimal.

Indicamos el número de entradas analógicas conectadas a la unidad.

Tendremos que tener en cuenta la resolución deseada, porque para 8 bits (255 puntos de resolución) tendremos un máximo de 4 entradas y para 12 bits (4095 puntos de resolución) 2 entradas.

Este parámetro se encuentra directamente ligado con el TA (Tipo de analógicas).

**Tipo Entradas Analógicas (12 bits)(8 bits) (-TA-):**

Parámetro de lectura y escritura en decimal.

Indicamos el tipo de entradas analógicas conectadas a la unidad:

- 0 = 12 Bits. 4095 puntos de resolución.
- 1 = 8 Bits. 255 puntos de resolución.

**Tiempo de muestreo analógica (TMA):**

Parámetro de lectura y escritura en decimal.

Es el valor de espera de la lectura analógica desde que se da la alimentación al sensor y se toma la medida. Este tiempo está comprendido entre 0 y 9 segundos.

**Filtro de Entradas digitales (FI0-FI1):**

Parámetro de lectura y escritura en hexadecimal.

Es el valor de pulso mínimo tanto de cero (FI0) como de uno (FI1) para que la unidad reconozca la entrada como buena. El valor está comprendido entre 0 y FF. El peso por bit es de 1/16 seg. Por ejemplo:

FI1=10 h ; 10 en decimal 16 por 1/16 son 1 segundo.

FI0=40 h; 40 en decimal 64 por 1/16 son 4 segundos.

**Totalizadores (-T1 a T14-):**

Parámetro de lectura y escritura en decimal.

Son los contadores de pulsos asignados a su entrada correspondiente. Estos contadores son cíclicos de cuatro dígitos, es decir una vez llegado al contaje máximo (9999) regresará a 0 en el siguiente pulso.

No es conveniente que durante un turno de riego el contador realice un ciclo completo porque si es así, será muy difícil determinar la vuelta del contador por el programa de gestión.

**Factor División Totalizadores Global (-TDIVX-) e individual (-TDIV1 a TDIV14-):**

Parámetro de lectura y escritura en decimal.

Para evitar el desbordamiento de los totalizadores, la unidad remota está provista de unos subcontadores que podremos programar independientemente. El valor máximo que admite el subcontador es de 1000.

Por ejemplo: Programación individual.

TDIV1 = 10

Por cada 10 pulsos que tomemos por la entrada 1, incrementaremos en 1 el totalizador asignado a la entrada 1.

El resto de totalizadores seguirán contando cómo se encuentren programados.

Programación Global.

TDIVX = 1

Por cada pulso que tomemos por cualquier entrada, incrementaremos en 1 el totalizador correspondiente a la entrada activa.

Este parámetro es el utilizado para evitar que durante un turno de riego el totalizador realice un ciclo completo.

#### **Caudales (-Q1 a Q14-):**

Parámetro de sólo lectura decimal.

Nos proporciona un valor que guarda relación con el caudal. Este valor será tratado por el programa de riego para el cálculo del caudal real instantáneo (en metros cúbicos hora).

No corresponde directamente con el caudal, pero podemos hacernos una idea de si estamos dentro del margen que hemos programado en la unidad.

Q1=0 sin caudal Q1=255 caudal máximo.

#### **Factor Intervalo Caudal Global (-QINTX-) e Individual (-QINT1 a QINT14-):**

Parámetro de lectura y escritura en decimal.

Es el factor de tiempo para la cadencia de pulsos de entrada. Con este valor ajustamos el cronómetro interno de la unidad remota para el cálculo del caudal instantáneo. Los valores son en base 2, por lo que pueden ser los siguientes:

- 1 para un rango de 1 segundo a 4 minutos y 16 segundos. (Q=0)
- 2 para un rango de 2 segundos a 8 minutos y 32 segundos. (Q=0)
- 4 para un rango de 4 segundos a 17 minutos y 4 segundos. (Q=0)
- 8 para un rango de 8 segundos a 34 minutos y 8 segundos. (Q=0)
- 16 para un rango de 16 segundos a 1 hora. (Q=0)
- 32 para un rango de 32 segundos a 1 hora. (Q=0)
- 64 para un rango de 1 minuto y 4 segundos a 1 hora. (Q=0)
- 128 para un rango de 2 minutos y 8 segundos a 1 hora. (Q=0)

Elegiremos siempre el escalón inferior al tiempo calculado.

Ejemplo: Tenemos un contador de 1 pulgada, cuyo caudal nominal es de 3.5 metros cúbicos/hora y un impulsor de 10 litros por pulso. Por lo que tendremos 350 pulsos en una hora (3.5 por el factor de división 100 nos da 350 pulsos hora) calculamos la cadencia, es decir lo que van a tardar los pulsos en llegar a un caudal nominal.  $3600 / 350 = 10,2$  segundos por lo que QINT1=8. Con este valor tenemos que para que el caudal pase a cero deberán haber transcurrido 34 minutos y 8 segundos. Con este método optimizamos la resolución, pero si deseamos obtener una respuesta máxima deberemos ajustarnos sobre el tiempo de caudal cero, por lo que podríamos optar por el valor QINT1=1, siempre que estemos dentro de los márgenes establecidos.

Como la unidad remota realiza un nuevo cálculo de caudal a cada pulso recibido, para el emisor del contador se deberá elegir un valor de impulso adecuado para obtener un buen número de medidas cada hora. Como mínimo, al caudal de servicio, el contador debería proporcionar más de 30 impulsos/hora.

Podemos realizar la programación de los factores por separado QINT1=1, QINT2=2, etc. o si todos los contadores conectados son del mismo tipo, general QINTX=8.

#### **Valor Escalado Entradas Analógicas (-A1 a A4-):**

Parámetro de lectura y escritura especial en hexadecimal.

Cuando realizamos la lectura del parámetro la unidad remota nos devolverá el valor de la entrada analógica correspondiente y escalada, pero debemos tener en cuenta que este valor será de la última vez que se le haya dicho a la unidad que lo lea (esta orden se la da la unidad concentradora automáticamente). Si deseamos forzar una adquisición de la analógica deberemos escribir sobre el comando (A1=0) de esta forma cuando pidamos A1 se nos mostrará el valor leído en ese preciso instante. Por este motivo decimos que es una escritura especial.

#### **Valor sin escalar Entradas Analógicas (-AD1 a AD4-):**

Parámetro de lectura en hexadecimal.

Cuando realizamos la lectura del parámetro la unidad remota nos devolverá el valor de la entrada analógica correspondiente sin escalar, directamente obtenida del convertidor analógico-digital de la unidad remota. Esto nos servirá para realizar la calibración del cero y del fondo de escala.

#### **Fondo escala analógicas (-AMAX1 a AMAX4-) y**

#### **Valor cero analógicas (- AMIN1 a AMIN4-):**

Parámetros de lectura y escritura hexadecimal.

Estos parámetros determinan el valor del escalado de la entrada analógica, donde pondremos el valor de 0 (AMIN1) y el valor del fondo de escala 255 o 4095 (AMAX1).

Metodología de calibración de una entrada analógica:

- Paso 1: Provocaremos una lectura de la entrada conectada al sensor (el sensor debe tener el valor para mostrar cero), escribiendo el comando A1=0.
- Paso 2: Leemos y anotamos el valor del convertidor analógico-digital para esta entrada de sensor, escribiendo el comando AD1.
- Paso 3: Escribimos este valor para que la unidad remota considere éste como cero, escribiendo el parámetro AMIN = Valor.
- Paso 4: Provocaremos una lectura de la entrada conectada al sensor (el sensor debe tener ahora el valor para máximo a mostrar), escribiendo el comando A1=0.
- Paso 5: Leemos y anotamos el valor del convertidor analógico-digital para esta entrada de sensor, escribiendo el comando AD1.
- Paso 6: Escribimos este valor para que la unidad remota considere éste como fondo de escala, escribiendo el parámetro AMAX = Valor.

Por defecto las unidades remotas vienen calibradas para utilizar sensores de entrada de 4 a 20 mA.

No obstante siguiendo esta secuencia de órdenes puede ser recalibrada cualquier entrada.

#### **Potencia de transmisión equipo radio (-PO):**

Parámetro de lectura y escritura hexadecimal.

Cuando realizamos la lectura del parámetro la unidad remota nos devolverá el valor de la potencia programada, este valor debe coincidir con el valor etiquetado en el equipo radio, de no ser así, se deberá programar el valor correcto.

**Nota: En el caso de que el equipo radio no lleve dicho valor (lo cual se deberá a que el equipo de radio no necesita ajuste de potencia por software) deberemos programarlo a FF.**

## ANEXO II:

En este anexo se citan ejemplos de conexión de algunos solenoides, pero esto no significa que únicamente se puedan utilizar los aquí mencionados.

### CONEXIÓN DE SOLENOIDES

MARCA / MODELO	HILOS	CONEXIÓN	UNIDAD REMOTA
<u>BERMAD - S-982</u>	2	ROJO	1
		NEGRO	2
<u>BERMAD - S-985</u>	3	NEGRO	1
		ROJO	2
		BLANCO	3
<u>BACCARA - 3W NO 1.6</u>	2	VERDE	1
		NEGRO	2
<u>BURKERT - TIPO 305</u>	3	PIN 1	1
		PIN 2	2
		PIN 3	3
<u>NETAFIM - AQUATIVE</u>	2	VERDE/NARANJA	1
		NEGRO	2

Las distancias de conexionado dependerán de la sección del cable y de las características del solenoide (según el consumo de pico, este dato varía según sea de tipo motor como por ejemplo el NETAFIM o por bobinas como el BACCARA). Se recomienda leer las especificaciones técnicas del fabricante del solenoide. Pero no obstante intentaremos realizar las conexiones con la mínima distancia posible.

## ANEXO III: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### - Conectividad:

#### ENTRADAS

<b>Entradas digitales</b>	Posibles configuraciones: 4, 7, 11 ó 14 entradas	Frecuencia máxima entre pulsos: 1Hz Cada entrada proporciona tres registros: · Estado lógico de la entrada: abierto o cerrado. · Acumulador: número total de transiciones ocurridas en la entrada. Permite aplicar un factor de división entre 1 y 1000 o un factor de multiplicación entre 1 y 999. · Caudalímetro: medida de la cadencia entre transiciones en la entrada. Dispone de varios rangos permitiendo medidas con resolución de hasta 1 segundo.
<b>Entradas analógicas</b>	· De 0 a 2 con resolución de 12bits o · De 0 a 4 con resolución de 8 bits	Para sensores de 2 ó 3 hilos De 0 a 10V o de 4 a 20 mA, configurables

#### SALIDAS

<b>Salidas digitales</b>	Posibles configuraciones: 2, 4, 6, 8, 10 ó 12 salidas	Para válvulas hidráulicas con accionamiento por solenoide tipo latch (disparo por pulso) de 2 ó 3 hilos y una tensión de actuación de 12V
--------------------------	--	---

### - Capacidad de gestión:

<b>Número de contadores gestionables por unidad remota</b>	Hasta 14
<b>Número de válvulas gestionables por unidad remota</b>	Hasta 12
<b>Número de sensores analógicos</b>	Hasta 4

### - Conexionado:

<b>Antena</b>	Conector TNC hembra
<b>Entradas y salidas</b>	Conectores internos atornillados. Salida de la caja por prensa-estopas.

### - Alimentación:

<b>Tipo</b>	Baterías de litio no recargables y sin mantenimiento o alimentación externa de 7 a 10V.
<b>Autonomía de la batería</b>	Hasta 3 años de funcionamiento ininterrumpido (con programación diaria de riego)

### - Configuración:

<b>Parámetros configurables mediante comandos ASCII (interfaz RS-232)</b>	· Número de unidad remota · Número de red · Frecuencia de comunicación radio · Otros parámetros según manual
---	---

**- Otras características:**

<b>Temperatura de funcionamiento</b>	De -20 a +60°C
<b>Tipo de caja</b>	PVC estanca IP55 autoextinguible y de doble aislamiento

En caso de pérdida de comunicación de las unidades remotas con su unidad concentradora durante un período de 15 minutos, se realiza automáticamente el cierre de las válvulas que estén activas de forma escalonada dependiendo del número que tenga asignada cada unidad remota.

**- Tiempos de respuesta:**

<b>Tiempo máximo de respuesta del sistema ante una activación de electroválvula desde el centro de control</b>	2 min
<b>Tiempo máximo de actualización de caudales en el centro de control</b>	10 min
<b>Tiempo máximo de actualización de contadores de consumo en el centro de control</b>	10 min

**COMUNICACIÓN ENTRE UNIDAD CONCENTRADORA – UNIDADES REMOTAS**

<b>Tipo de comunicación</b>	Radioenlace en la banda D1 (418-420MHz UHF), con licencia
<b>Potencia de transmisión</b>	Hasta 500mW
<b>Número de canales</b>	Hasta 160 (configurable)
<b>Seguridad de transmisión de datos</b>	Comunicación digital codificada. (Imposibilitando maniobras por sistemas externos)
<b>Alcance de la comunicación</b>	Hasta 6 km en condiciones de espacio libre, con lo que se consigue una cobertura de hasta 11.300 Ha

## ANEXO IV:

### DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD

**Innobo, S.L.**

**CIF: B-12.094.306**

**Pol. Ind. "La Rosaleda", nave 12**

**12540 Villarreal (Castellón) - ESPAÑA**

**Tel: 964522501 Fax: 964535676**

**D. José Manuel Bonillo Rebollida, en calidad de Gerente de Innobo, S.L., declara bajo su exclusiva responsabilidad la conformidad del producto:**

*Tipo: Unidad Remota serie GR*

*Marca: Gootem*

*Modelo: GTMGRXXXX*

*Fabricante INNOBO, S.L.*

*País de fabricación: España*

**al que se refiere esta declaración, con las normas:**

- Seguridad: **EN 60950-1:2001**
- Compatibilidad electromagnética: **EN 301 489-03 V1.4.1**
- Protección del espectro electromagnético: **EN 300 220-3 V1.1.1**

**de acuerdo con las disposiciones de la Directiva 99/05/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 1999, transpuesta a la legislación española mediante el Real Decreto 1890/2000, de 20 de noviembre de 2000.**

**Villarreal, 15 de Febrero de 2006**



**D. José Manuel Bonillo**  
**Gerente de Innobo, S.L.**



## UNIDAD CONCENTRADORA SERIE GR



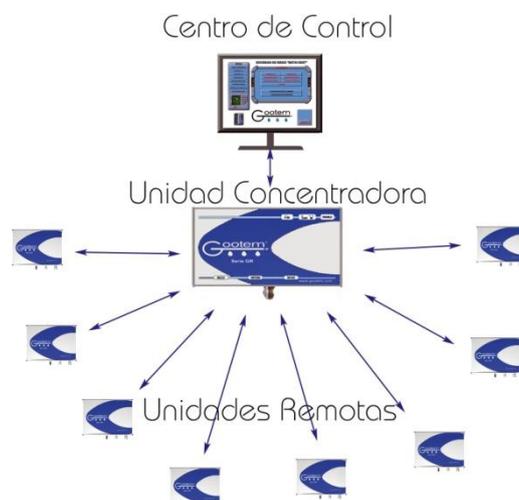
## MANUAL DE USUARIO

## Índice

- 6. Características generales
  - 7. Instalación
    - Anclaje de la unidad
    - Conexión de la antena
    - Conexión de los cables de comunicación serie
    - Alimentación
  - 8. Configuración
    - Conexionado del cable de configuración
    - Configuración inicial
  - 9. Dimensiones
- ANEXO I: Listado completo de comandos  
ANEXO II: Especificaciones técnicas  
ANEXO IV: Declaración de conformidad

## 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

El sistema de gestión de riego Gootem se compone de una unidad concentradora que gestiona hasta 132 unidades remotas.



La unidad concentradora serie GR de Gootem es la parte del sistema que se instala en el cabezal de riego o en el centro de control, y cuyas funciones son:

- Recepción y transmisión de datos vía radio
- Almacenamiento de los datos de las unidades remotas en memoria
- Coordinación del funcionamiento de las unidades remotas
- Comunicación con PC o radiomódem

Es la “estación base” del sistema de gestión de riego. Su funcionamiento consiste en comunicar cíclicamente con todas las unidades remotas que gestiona, obteniendo de ellas información sobre las lecturas de los contadores o medidas de sensores, y canalizando hacia las unidades remotas correspondientes las peticiones de riego realizadas desde el PC del centro de control.

Cada unidad concentradora es capaz de gestionar hasta 1848 entradas digitales (contadores), 1584 salidas digitales (electroválvulas) y 528 entradas analógicas (sensores). En caso de necesitar una mayor capacidad de gestión se pueden instalar tantas unidades concentradoras como sean necesarias, trabajando a diferentes frecuencias.

La comunicación con las unidades remotas se realiza vía radio a una frecuencia configurable comprendida entre 418 y 420 MHz, y la comunicación con el PC o radiomódem se lleva a cabo a través de interfaces serie RS232 o RS485, empleando para ello el protocolo estándar Modbus RTU.

La unidad concentradora cuenta con alimentación interna a 230VAC o bien a 12VDC, y mantiene la información aunque se produzcan cortes en el suministro eléctrico.

## 2. INSTALACIÓN

### 2.1. Anclaje de la unidad:

La unidad concentradora debe ser instalada en un lugar cerrado, protegido de la intemperie. Ha sido diseñada para ser montada en un carril DIN de 35 mm. Para ello cuenta en su parte posterior con dos soportes de anclaje a presión. Debe ser montada en posición horizontal, con los conectores de antena y puertos RS232 y RS485 hacia abajo y con los de alimentación en la parte superior.

## 2.2. Conexión de la antena:

Este punto es especialmente importante, pues el funcionamiento de la unidad remota sin antena podría dañarla. Tras conectar la alimentación de la unidad, ésta comienza su funcionamiento normal, transmitiendo y recibiendo información vía radio. Por tanto se debe garantizar que el cable de antena esté conectado SIEMPRE que la unidad esté alimentada.

El conector de antena es de tipo TNC (hembra). Se recomienda poner un especial cuidado en que el cable coaxial de la antena no experimente curvaturas bruscas en su instalación dentro de los cuadros eléctricos, ya que de lo contrario se podría reducir el alcance efectivo de las comunicaciones radio.

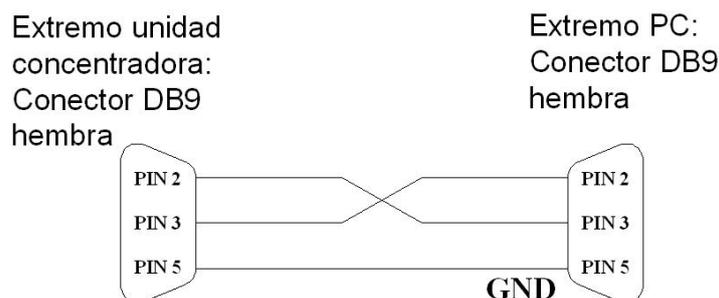
## 2.3. Conexión de los cables de comunicación serie:

La comunicación de la unidad concentradora con el PC del centro de control se realiza a través de interfaces serie, con las siguientes posibilidades:

### 1. Comunicación *punto a punto* mediante interfaz serie RS232:

Se recomienda esta opción cuando en la ubicación de la unidad concentradora no exista ningún otro dispositivo que requiera comunicación con el PC del centro de control.

La conexión al puerto de comunicaciones RS232 se realiza mediante un cable cruzado (null módem) como el de la figura:



### 2. Comunicación *punto-multipunto* a través de un bus de comunicaciones RS485:

Se recomienda esta opción cuando la unidad concentradora esté instalada en un cuadro eléctrico en el que existan otros dispositivos (como PLC's, por ejemplo) que requieran comunicación con el centro de control.

La conexión a un bus de comunicaciones RS485 se debe realizar conectando el borne nº1 del conector a **A+**, la nº2 a tierra y la nº3 a **B-**.

## 2.4. Alimentación:

La unidad concentradora admite doble alimentación:

- Alimentación a 12V de corriente continua (conector + - **VDC**): Observar la polaridad. El pin nº1 del borne es el positivo (+12V) y el nº2 el negativo (0V).
- Alimentación a 230V de corriente alterna (conector **230VAC**): Conectar la tierra al pin nº1 del borne, e indistintamente la fase y el neutro a los pines 2 y 3.

Ambas alimentaciones pueden ser utilizadas simultáneamente. De este modo, en funcionamiento normal la unidad obtendría la alimentación de la red eléctrica de 230VAC, pero cuando hubiera un corte en el

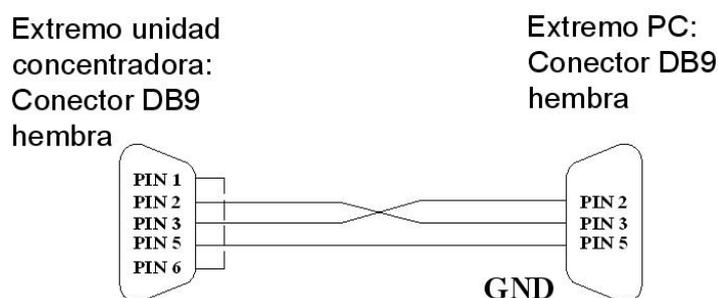
suministro eléctrico pasaría a alimentarse automáticamente de la fuente de 12V de corriente continua, que normalmente es una batería de automóvil.

### 3. CONFIGURACIÓN

Para la configuración de la unidad es necesaria la comunicación serie con un PC (o PDA), y esto se lleva a cabo mediante el cable suministrado y un programa de comunicación por puerto serie, como por ejemplo el HyperTerminal de Windows. La comunicación debe estar configurada a la velocidad de 2400 bps, 8 bits de datos y 1 bit de stop, sin paridad y sin control de flujo. Al conectar el cable, el equipo entrará en modo de configuración y estará preparado para responder a los comandos que se le envíen.

#### 3.1. Conexión del cable de configuración:

Se recomienda el siguiente esquema para el cable de configuración:



#### 3.2. Configuración inicial:

Una vez conectado el cable y establecida la comunicación, el procedimiento de configuración inicial de la unidad concentradora es el siguiente (para consultar el listado completo de comandos y parámetros de configuración ver el anexo I):

En primer lugar configuraremos los parámetros de radio, estos parámetros son los que permitirán comunicar la unidad concentradora con las unidades remotas:

1. Programaremos el valor de la RED, que deberá ser el mismo valor que el programado en las unidades remotas.

RED=<valor> (rango entre 0 y 255)

2. Programaremos el valor de la CH, que deberá ser el mismo valor que el programado en las unidades remotas. Este valor establecerá canal de frecuencia de trabajo la unidad concentradora.

CH=<valor> (rango entre 160)

Nota: Este canal corresponde a la frecuencia de RF que queremos ocupar, comando F. Cuando necesitemos instalar más de una unidad concentradora deberemos separarlas una de otra al menos 3 canales o el máximo posible.

F (retorna el valor de frecuencia actual)

3. Revisaremos la potencia de transmisión del equipo radio comprobando el comando PO que nos debe coincidir con la etiqueta de calibración del equipo radio:

PO (nos contestará el valor actual)

PO=<valor>

**Nota: Para equipos de radio que no se encuentre etiquetado este valor, se deberá programar a FF (PO=FF).**

Seguidamente programaremos los parámetros de comunicación serie con el centro de control:

1. Programaremos el número de esclavo en nuestra red Modbus con el parámetro DMBUS.

DMBUS=<valor> (rango entre 0 y 255)

2. Programaremos el puerto de comunicaciones con el centro de control (por defecto 2400bps y 8N1):

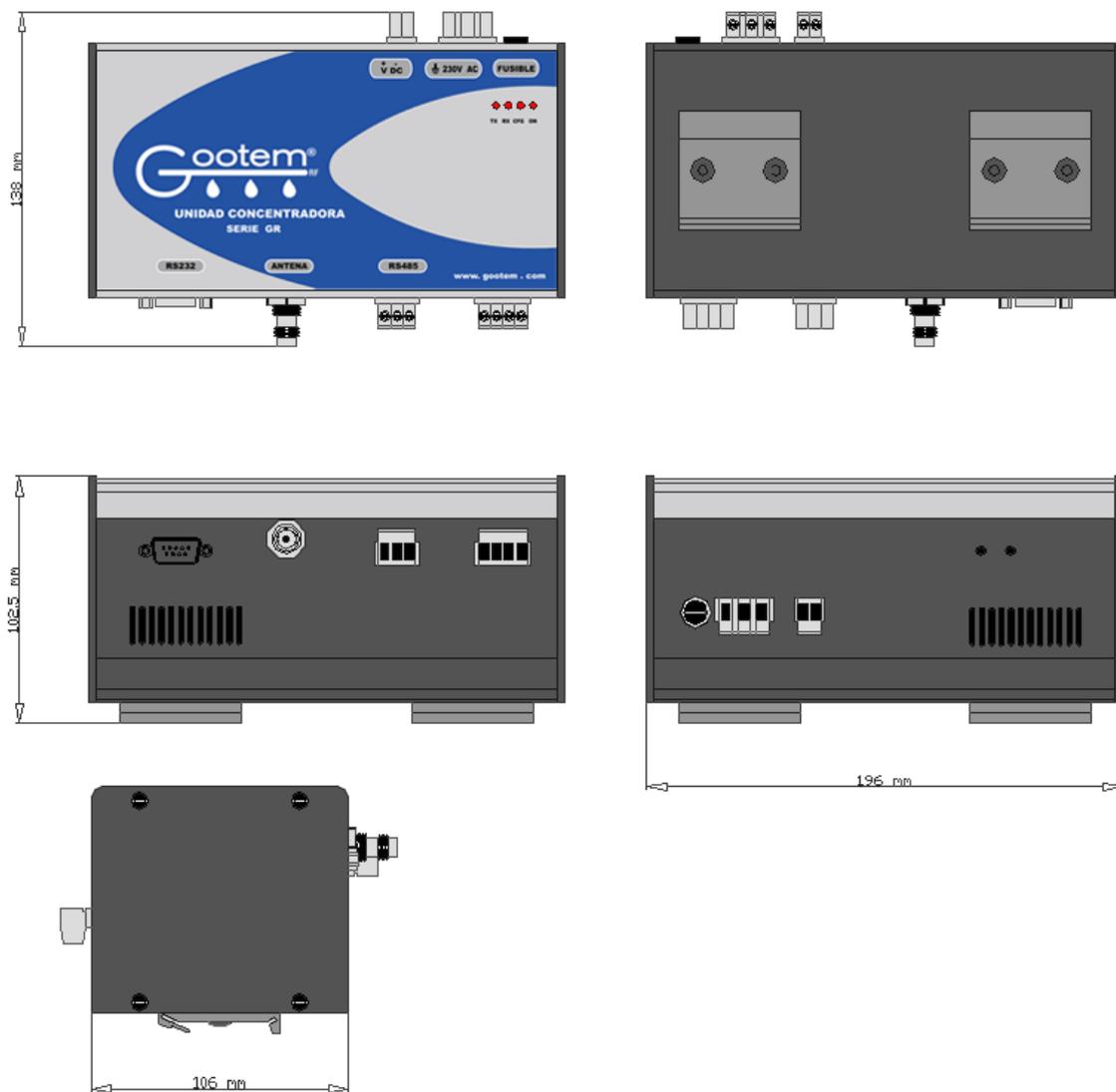
Velocidad VPORT=<valor> (rango entre 0 y 6)

Tipo de palabra CPORT=<valor> (rango entre 0 y 3)

Programación del tiempo de seguridad por la pérdida de comunicación con el centro de control. Estos parámetros vienen deshabilitados por defecto (todos a cero), de forma que si se perdiera dicha comunicación, la unidad concentradora no tomaría ninguna decisión sobre las unidades remotas. Los parámetros a programar son los siguientes:

1. Tiempo de seguridad TOCOM=<valor> (rango entre 0 y 255 minutos)
2. Intervalo de cierre TOFF=<valor> (rango entre 0 y 255 minutos)
3. Numero de válvulas NOFF=<valor> (rango entre 0 y 255 válvulas)

## 4. DIMENSIONES



## ANEXO I:

### COMANDOS DE CONFIGURACIÓN

Listado completo de comandos (accesible mediante el comando '?'):

Comandos:(L)-Lectura, (E)-Escritura, [h]-Hexadecimal

.?	(L)	: Ayuda
.V	(L)	: Versión
.SN	(L)	: Numero Serie
.DEF	(E)	: Parámetros por defecto
.RED	(L/E)	: Numero Red
.DMBUS	(L/E)	: Dirección Mod-Bus unidad
.CH	(L/E)	: Numero Canal Radio
.F	(L)	: Frecuencia Radio
.SLAVE	(L/E)	: Sincronización radio u. concentradoras
.TOCOM	(L/E)	: Time-Out cierre válvulas (minutos)
.TOFF	(L/E)	: Intervalo cierre escalonado (minutos)
.NOFF	(L/E)	: Numero u. campo a cerrar escalonadamente
.CPORT	(L/E)	: Paridad y Bits Stop Puertos Serie
.VPORT	(L/E)	: Velocidad Puertos Serie
.TX1-TX6	(L/E)	: Tramas a Transmitir
.N	(L/E)	: Numero u. campo Seleccionada
.COMC	(L)	: Fallos Recepción u. Concentradora
.COMR	(L)	: Fallos Recepción u. Campo
.COM	(L)	: Fallos Recepción u. Concentradora
.RSSIR	(L)	: Nivel RSSI en u. Campo
.RSSIC	(L)	: Nivel RSSI en u. Concentradora
.RSSAC	(L)	: Nivel RSSI Amplificado en u. Concentradora
.SIN	(L)	: Nivel Sincronismo en u. Campo
.BAT	(L)	: Estado Batería en u. Campo
.IN	(L)	: [h] Entradas en u. Campo
.OUT	(L)	: [h] Salidas en u. Campo
.WOUT	(L/E)	: [h] Orden Activación Salidas
.AA1-AA2	(L)	: [h] Analógicas en u. Campo
.T1-T14	(L)	: Totalizadores en u. Campo
.Q1-Q14	(L)	: Caudales en u. Campo
.PO	(L/E)	: [h] Potencia de salida equipo radio

Los comandos de la unidad concentradora los podemos dividir en dos bloques:

#### *Primer bloque. Comandos de configuración de la unidad concentradora.*

**Versión (-V-):**

Sólo de lectura.

La unidad concentradora nos devolverá la versión del software instalado en su interior.

**Número de Serie (-SN-):**

Sólo de lectura.

La unidad concentradora nos devolverá el número de serie, el cual debe coincidir con el existente en la pegatina situada en el exterior de la unidad.

**Parámetros de Fábrica (-DEF-):**

Sólo de ejecución.

Este comando devolverá a la unidad concentradora a la configuración por defecto de fábrica.

**Número de Red (-RED-):**

Parámetro de lectura y escritura decimal.

Nos permite la verificación y la escritura de la red seleccionada. Ésta debe ser la misma que la seleccionada en la unidad remota. El valor debe de estar entre 0 y 10. Se recomienda no utilizar el valor 0, ya que las unidades vienen por defecto con este valor.

**Dirección Mod-Bus unidad (-DMBUS-):**

Parámetro de lectura y escritura decimal.

Nos permite asignar la dirección de la unidad concentradora dentro de una red Modbus (protocolo estándar industrial), en la cual pueden existir tantas unidades concentradoras como sea necesario, pero no se podrán repetir las direcciones de los dispositivos dentro de una misma red.

Los valores que podemos introducir son los comprendidos entre 1 y 254, no pudiendo utilizar el valor 0 como dirección de unidad concentradora.

**Número de Canal Radio (-CH-):**

Parámetro de lectura y escritura decimal.

Nos permite seleccionar el canal a utilizar en las transmisiones radio.

El canal 0 equivale a la frecuencia base 418.0000 MHz. Tendremos en cuenta que la canalización es de 12.5 kHz y que la frecuencia máxima son 420.0000 MHz, con esta canalización tendremos disponibles 160 canales.

Ejemplo: Queremos trabajar en una frecuencia de 418.8750. Si le restamos la frecuencia base 418.0000 nos da 0.8750 y si este resultado lo dividimos por la canalización (0.0125 MHz) tendremos el resultado del canal (ch=70).

**Frecuencia Radio (-F-):**

Parámetro de lectura decimal.

Nos devolverá la frecuencia de trabajo equivalente al canal de radio seleccionado.

**Sincronización radio u. concentradoras (-SLAVE-):**

Parámetro de lectura y escritura decimal.

Cuando en una estación de control existen varias unidades concentradoras estas deben ir sincronizadas, para evitar al máximo las interferencias radioeléctricas entre sus antenas. Para ello existe la posibilidad de realizar una sincronización de las mismas, donde una será la maestra (dando la señal de reloj al resto) y todas las demás esclavas.

Este parámetro solo puede ser programado como:

0 – Unidad concentradora maestra (Generadora de reloj).

1 – Unidad concentradora esclava (Receptora de reloj).

El parámetro viene programado desde fábrica con el valor 0, es decir, como unidad concentradora maestra.

Nota: Si configuramos una única unidad concentradora como esclava (sin existir ninguna como maestra), esta no realizará las peticiones de datos a las unidades remotas, ya que carece de su señal de reloj para el sincronismo.

**Time-Out cierre válvulas (minutos) (-TOCOM-):**

Parámetro de lectura y escritura decimal.

En la unidad concentradora existe un cronómetro de seguridad para detectar el fallo de comunicación de la misma con el centro de control. Este cronómetro se programa por minutos. Cuando sobrepasamos este tiempo consideramos que se ha perdido la comunicación con el centro de control y pasaremos a realizar el cierre escalonado de las electroválvulas situadas en las unidades remotas.

Este tiempo es programado en minutos, con un valor máximo de 255 minutos (aproximadamente 4 horas como máximo) y un valor mínimo de 1 minuto. El 0 es considerado como que el tiempo esta desactivado y no producirá efecto alguno.

Por defecto este tiempo viene desactivado, es decir, a valor 0.

**Intervalo cierre escalonado (minutos)(-TOFF-) y Número u. campo a cerrar escalonadamente(-NOFF-):**

Parámetro de lectura y escritura decimal.

Estos dos parámetros nos proporciona el control sobre el cierre escalonado de las electroválvulas de las unidades remotas, en el caso de fallo de comunicación de la unidad concentradora con el centro de control.

Con este cierre escalonado evitaremos picos de presión sobre la red hidráulica de alta o suministro.

La programación es muy simple: debemos especificar cuantas unidades de campo debe cerrar el sistema, en el intervalo programado (tiempo en minutos). Esto provocara un bucle, hasta conseguir el cierre de todas las electroválvulas instaladas en el sistema.

Ejemplo: TOCOM = 1  
TOFF = 1

NOFF

= 4  
  
4  
cuando  
centro

CPORT=	BITS	PARIDAD	BITS STOP
0	8	SIN	1
1	8	PAR	1
2	8	IMPAR	1
3	8	SIN	2

Esta programación provocará un cierre escalonado de electroválvulas por minuto, se pierda la comunicación con el de control durante un periodo de

tiempo superior a 1 minuto. En el caso que durante el proceso de cierre escalonado se restablezca la comunicación con el centro de control, la unidad concentradora realizará la apertura de las electroválvulas que ya había cerrado, quedando el sistema en el estado preestablecido por el centro de control.

#### Paridad y Bits Stop Puertos Serie (-CPORT-):

Parámetro de lectura y escritura decimal.

Nos permite configurar el formato del carácter de comunicación, para los puertos serie (Modbus) conectados con el centro de control.

Este parámetro puede tomar los valores de la siguiente tabla.

El parámetro viene programado de fábrica a 0 (8N1, 8 bits datos, sin paridad, 1 bit de stop).

#### Velocidad Puertos Serie (-VPORT-)

Parámetro de lectura y escritura decimal.

Nos permite configurar la velocidad de comunicación, para los puertos serie (Modbus) conectados con el centro de control.

Este parámetro puede tomar los valores de la siguiente tabla.

VPORT=	Velocidad	VPORT=	Velocidad
0	2400 bps	4	300 bps
1	4800 bps	5	600 bps
2	9600 bps	6	1200 bps
3	19200 bps		

El parámetro viene programado de fábrica a 0 (Velocidad de transmisión serie 2400 bps).

#### Tramas a Transmitir (-TX1 a TX6-):

Parámetro de lectura y escritura hexadecimal.

Parámetro de configuración desde fábrica, no debe ser modificado por el usuario. En caso de ser modificado por error póngase en contacto con el servicio técnico.

#### Potencia de transmisión equipo radio (-PO):

Parámetro de lectura y escritura hexadecimal.

Cuando realizamos la lectura del parámetro la unidad concentradora nos devolverá el valor de la potencia programada, este valor debe coincidir con el valor etiquetado en el equipo radio, de no ser así, se deberá programar el valor correcto.

**Nota: En el caso de que el equipo radio no lleve dicho valor (lo cual se deberá a que el equipo de radio no necesita ajuste de potencia por software) deberemos programarlo a FF.**

### *Segundo bloque. Comandos de datos unidades Remotas.*

Son datos recibidos por la unidad concentradora de sus remotas conectadas. Estos datos son los mismos que podemos observar en el programa de gestión de riego. Son almacenados en la memoria volátil de la unidad concentradora de forma que en la primera puesta en marcha deberemos esperar a realizar dos ciclos de petición de datos a las unidades Remotas para que sean válidos.

#### **Numero u. campo Seleccionada (-N-):**

Parámetro de lectura y escritura hexadecimal.

Indicamos a la unidad concentradora de qué unidad remota vamos a leer los datos. Este parámetro puede tomar valores comprendidos entre 1 y 132.

Debemos de tener en cuenta que para la unidad concentradora siempre existen las 132 unidades remotas, de tal forma que si preguntamos por una unidad remota inexistente la unidad concentradora igual nos contestará, pero con los datos cargados por defecto.

#### **\*Fallos Recepción u. Concentradora (-COM-):**

Parámetro de lectura decimal.

Es un contador existente en la unidad concentradora, el cual nos indica la cantidad de fallos seguidos que se han producido en la recepción de la unidad remota. Este contador se reinicia a 255 cuando eliminamos la alimentación de la unidad concentradora y va incrementándose desde 0 según los fallos de recepción. Cuando se realiza una recepción de la unidad remota correcta, la unidad concentradora escribe automáticamente este valor a 0, con lo que podemos saber aproximadamente el tiempo que ha transcurrido desde que la unidad concentradora no ha recibido contestación de la unidad remota.

Se considera un fallo de recepción cuando la unidad concentradora realiza una petición de datos a la unidad remota y los datos no llegan o son erróneos.

El contador tiene como valor máximo 255.

#### **\*Fallos Recepción u. Concentradora (-COMC-):**

Parámetro de lectura decimal.

Es un contador existente en la unidad concentradora, el cual nos indica la cantidad de fallos que se han producido en la recepción. Este contador se reinicia a 0 cuando eliminamos la alimentación de la unidad concentradora y va incrementándose según los fallos de recepción.

Se considera un fallo de recepción cuando la unidad concentradora realiza una petición de datos a la unidad remota y los datos no llegan o son erróneos.

El contador tiene como valor máximo 255.

#### **\*Fallos Recepción u. Campo (-COMR-):**

Parámetro de lectura decimal.

Es un contador existente en la unidad remota transmitido vía radio hacia la unidad concentradora, el cual nos indica la cantidad de fallos que se han producido en la recepción de la unidad concentradora.

Se considera un fallo de recepción cuando la unidad remota está preparada para recibir datos de la unidad concentradora y los datos no llegan o son erróneos.

El contador tiene como valor máximo 255.

#### **\*Nivel RSSI en u. Campo (-RSSIR-):**

Parámetro de lectura decimal.

Nos devuelve una estimación de la calidad del enlace radio con la que la unidad remota recibe a la unidad concentradora. Éste no debe tomar un valor inferior a 20, para asegurarnos de que el enlace radio es correcto. Con valores inferiores a 20 las unidades remotas funcionan pero no se asegura la correcta comunicación entre los dos dispositivos.

Este valor se transmite vía radio, por lo que deberemos esperar a que la unidad concentradora realice al menos dos peticiones de datos a la unidad remota.

#### **\*Nivel RSSI en u. Concentradora (-RSSIC-):**

Parámetro de lectura decimal.

Nos devuelve una estimación de la calidad del enlace radio con la que la unidad concentradora recibe a la unidad remota. Éste no debe tomar un valor inferior a 20, para asegurarnos de que el enlace

radio es correcto. Con valores inferiores a 20 las unidades remotas funcionan pero no se asegura la correcta comunicación entre los dos dispositivos.

Este valor se actualiza en cada recepción de la unidad remota por lo que deberemos esperar a que la unidad concentradora realice al menos dos peticiones de datos a la unidad remota.

**\*Nivel RSSI Amplificado en u. Concentradora (-RSSAC-):**

Parámetro de lectura decimal.

Es el mismo parámetro que el RSSIC, pero en el cual se le ha aplicado una amplificación de recepción desde el dispositivo radio. Como la amplificación puede ser variada automáticamente por el equipo radio, este parámetro sólo es informativo.

**\*Nivel Sincronismo en u. Remota (-SIN-):**

Parámetro de lectura decimal.

Refleja el nivel de sincronismo de la unidad remota con la unidad concentradora. Existen varias opciones:

- 0 - Sincronización perfecta.
- 1 - Sincronización buena.
- 2 - Sincronización regular.
- 255 - No existe sincronización.

Este valor se transmite vía radio por lo que deberemos esperar a que la unidad concentradora realice al menos dos peticiones de datos a la unidad remota.

**\*Estado Batería en u. Remota (-BAT-):**

Parámetro de lectura decimal.

Nos informa del estado de descarga de la pila de la unidad remota, el cual debe estar comprendido entre los siguientes valores:

- |                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Valor > 185       | - Buen estado.            |
| 185 < Valor < 175 | - Pre-alarma sustitución. |
| Valor < 175       | - Pila en mal estado.     |

Este valor se transmite vía radio por lo que deberemos esperar a que la unidad concentradora realice al menos dos peticiones de datos a la unidad remota.

**\*Entradas en u. Remota (-IN-):**

Parámetro de lectura hexadecimal.

Se realiza la consulta del estado de las entradas digitales.

Por ejemplo: IN  
25 h  
OK

Esto nos indica al transformarlo a binario ( 0010 0101 ) que las entradas 1,3,6 se encuentran activas y el resto inactivas.

Este valor se transmite vía radio por lo que deberemos esperar a que la unidad concentradora realice al menos dos peticiones de datos a la unidad remota.

**\*Salidas en u. Remota (-OUT-):**

Parámetro de lectura hexadecimal.

Se realiza la consulta del estado de las salidas. Esta indicación nos muestra el estado real de las salidas en la unidad remota.

El formato del dato es hexadecimal por lo que deberemos realizar la conversión como en el caso de las entradas.

Este valor se transmite vía radio por lo que deberemos esperar a que la unidad concentradora realice al menos dos peticiones de datos a la unidad remota.

**\*Orden Activación Salidas (-WOOUT-):**

Parámetro de lectura y escritura en hexadecimal.

El formato del dato es hexadecimal por lo que deberemos realizar la conversión como en el caso de las entradas.

Este parámetro cumple dos funciones:

- Si existe comunicación con el centro de control, podremos determinar la orden enviada por la unidad concentradora para el estado de las salidas de la unidad remota.
- Si no existe comunicación con el centro de control, podremos escribir dicho parámetro para realizar la comprobación de la activación de las salidas.

Se da prioridad sobre las órdenes recibidas por el centro de control, por lo que para una comprobación manual es conveniente desconectar o detener el programa de gestión de riego.

En el primer arranque de la unidad concentradora este valor se encuentra a FFFF. Este valor se envía vía radio a las unidades remotas pero como el primer bit del valor es 1 las unidades remotas no ejecutarán la orden hasta que este bit no valga 0. Esto lo realizamos nosotros escribiendo un 0 o lo realizara automáticamente el centro de control si se encuentra en funcionamiento.

#### **\*Analógicas en u. Remota (- AA1 a AA2-):**

Parámetro de lectura hexadecimal.

Nos informa del valor tomado por la unidad remota sobre las entradas analógicas ya escaladas. Este valor se transmite vía radio por lo que deberemos esperar a que la unidad concentradora realice al menos dos peticiones de datos a la unidad remota.

En las unidades remotas existe la posibilidad de configurar el tipo de analógicas a utilizar, por lo que los datos serán enviados de forma diferente al concentrador. Según este tipo de analógicas estos datos son recibidos:

Analógicas tipo 0 – (12 bits, 4095 puntos de resolución)

AA1 = 0CB4 – valor analógico de la primera entrada (3252 decimal).

AA2 = 0FA0 – valor analógico de la segunda entrada (4000 decimal).

Analógicas tipo 1 – (8 bits, 255 puntos de resolución)

En este caso son dos bytes para cada valor.

AA1 = 0CB4

B4 - valor analógico de la primera entrada (180 decimal).

0C - valor analógico de la segunda entrada (12 decimal).

AA2 = 0FA0

A0 - valor analógico de la tercera entrada (160 decimal).

0F - valor analógico de la cuarta entrada (15 decimal).

#### **\*Totalizadores en u. Remota (-T1 a T14-):**

Parámetro de lectura decimal.

Son los contadores de pulsos asignados a su entrada correspondiente en la unidad remota. Estos contadores son cíclicos de cuatro dígitos, es decir una vez llegado al conteo máximo (9999) regresará a 0 en el siguiente pulso.

Este valor se transmite vía radio por lo que deberemos esperar a que la unidad concentradora realice al menos dos peticiones de datos a la unidad remota.

#### **\*Caudales en u. Remota (-Q1 a Q14-):**

Parámetro de sólo lectura decimal.

Nos proporciona un valor que guarda relación con el caudal. Este valor será tratado por el programa de riego para el cálculo del caudal real instantáneo (en metros cúbicos por hora).

No corresponde directamente con el caudal, pero podemos hacernos una idea de si estamos dentro del margen que hemos programado en la unidad.

Q1=0 sin caudal Q1=255 caudal máximo.

Este valor se transmite vía radio por lo que deberemos esperar a que la unidad concentradora realice al menos dos peticiones de datos a la unidad remota.

**\* Nota: Todos estos comandos son válidos para cualquier selección de unidad remota. Esta selección se realizará con el comando “N = unidad” y será válida hasta que no se vuelva a cambiar el comando de selección de unidad (comando N = unidad).**

## ANEXO II: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

La unidad concentradora recopila toda la información de las unidades remotas que gestiona y hace llegar a cada una las órdenes de accionamiento de válvulas, manteniendo en una memoria interna todos estos datos y actualizándolos periódicamente. El centro de control puede así acceder a esta información en cualquier momento mediante una comunicación con la unidad concentradora.

### - Capacidad de gestión:

<b>Número de unidades remotas gestionadas por unidad concentradora</b>	Hasta 132
<b>Número de contadores gestionables por unidad concentradora</b>	Hasta 1848
<b>Número de válvulas gestionables por unidad concentradora</b>	Hasta 1584
<b>Número de sensores gestionables por unidad concentradora</b>	Hasta 528

### - Conexionado:

<b>Antena</b>	Conector TNC hembra
<b>Interfaz serie</b>	Conector hembra RS-232 DB9 Conector de 3 pines para RS-485
<b>Conectores alimentación</b>	Conector de 3 pines para 220V AC Conector de 2 pines para alimentación DC externa

### - Alimentación:

<b>Tipo</b>	Fuente de alimentación interna de 2.5A estabilizada o fuente de alimentación externa a 12V
<b>Protección ante cortes de suministro eléctrico</b>	Conexión permanente a una batería de 12V mediante el conector de alimentación DC externa que actúa como SAI

### - Configuración:

<b>Parámetros configurables mediante comandos ASCII</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Número de red</li> <li>· Frecuencia de comunicación radio</li> <li>· Configuración puertos serie</li> <li>· Dirección Modbus</li> </ul>
---	--

### - Otras características:

<b>Temperatura de funcionamiento</b>	De -20 a +60°C
--------------------------------------	----------------

En caso de pérdida de comunicación con el centro de control durante un período de 15 minutos, la unidad concentradora envía a las unidades remotas la orden de cierre de las válvulas que estén activas de forma escalonada.

### - Tiempos de respuesta:

<b>Tiempo máximo de respuesta del sistema ante una activación de electroválvula desde el centro de control</b>	2 min
--	-------

<b>Tiempo máximo de actualización de caudales en el centro de control</b>	10 min
<b>Tiempo máximo de actualización de contadores de consumo en el centro de control</b>	10 min

#### COMUNICACIÓN ENTRE UNIDAD CONCENTRADORA – UNIDADES REMOTAS

<b>Tipo de comunicación</b>	Radioenlace en la banda D1 (418-420MHz UHF), con licencia
<b>Potencia de transmisión</b>	Hasta 500mW
<b>Número de canales</b>	Hasta 160 (configurable)
<b>Seguridad de transmisión de datos</b>	Comunicación digital codificada. (Imposibilitando maniobras por sistemas externos)
<b>Alcance de la comunicación</b>	Hasta 6 km en condiciones de espacio libre, con lo que se consigue una cobertura de hasta 11.300 Ha

## ANEXO III:

### DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD

**Innobo, S.L.**

**CIF: B-12.094.306**

**Pol. Ind. "La Rosaleda", nave 12**

**12540 Villarreal (Castellón) - ESPAÑA**

**Tel: 964522501 Fax: 964535676**

**D. José Manuel Bonillo Rebollida, en calidad de Gerente de Innobo, S.L., declara bajo su exclusiva responsabilidad la conformidad del producto:**

*Tipo: Unidad Concentradora serie GR*

*Marca: Gootem*

*Modelo: GTMCONXXXX*

*Fabricante INNOBO, S.L.*

*País de fabricación: España*

**al que se refiere esta declaración, con las normas:**

- Seguridad: **EN 60950-1:2001**
- Compatibilidad electromagnética: **EN 301 489-03 V1.4.1**
- Protección del espectro electromagnético: **EN 300 220-3 V1.1.1**

**de acuerdo con las disposiciones de la Directiva 99/05/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 1999, transpuesta a la legislación española mediante el Real Decreto 1890/2000, de 20 de noviembre de 2000.**

**Villarreal, 15 de Febrero de 2006**



**D. José Manuel Bonillo**  
**Gerente de Innobo, S.L.**



**Innobo**

Ingeniería Investigación Innovación

# UNIDAD RADIOMÓDEM SERIE MR



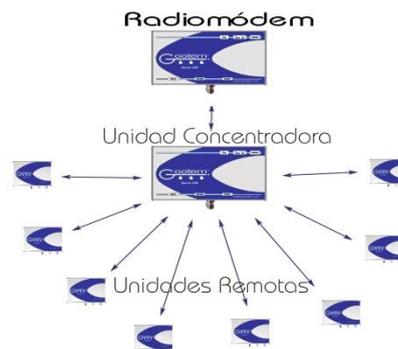
MANUAL DE USUARIO

## Índice

<b>ÍNDICE.....</b>	<b>256</b>
<b>1. CARACTERÍSTICAS GENERALES .....</b>	<b>257</b>
<b>2. INSTALACIÓN.....</b>	<b>258</b>
2.1. ANCLAJE DE LA UNIDAD:.....	258
2.2. CONEXIÓN DE LA ANTENA: .....	258
2.3. CONEXIÓN DE LOS CABLES DE COMUNICACIÓN SERIE: .....	259
1. <i>Comunicación punto a punto mediante interfaz serie RS232:....</i>	<i>259</i>
2. <i>Comunicación punto-multipunto a través de un bus de</i>	
<i>comunicaciones RS485: .....</i>	<i>259</i>
2.4. ALIMENTACIÓN:.....	260
<b>3. CONFIGURACIÓN.....</b>	<b>260</b>
3.1. CONFIGURACIÓN INICIAL: .....	261
<b>4. DIMENSIONES.....</b>	<b>262</b>
<b>ANEXO I: .....</b>	<b>262</b>
<b>VERSIÓN (-V-) :.....</b>	<b>263</b>
<b>ANEXO II:.....</b>	<b>266</b>
<b>ANEXO III:.....</b>	<b>267</b>

## 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

El sistema de gestión de riego Gootem se compone de una unidad concentradora que gestiona hasta 132 unidades remotas. Para la comunicación entre el centro de control y las diferentes unidades concentradoras, así como diferentes PLC's incluidos en el sistema, se utiliza el Radiomódem Gootem Serie MR.



El radiomódem serie MR de Gootem es la parte del sistema que se instala entre dos puntos donde es necesario el intercambio de datos. Las principales aplicaciones del radiomódem son:

- Sistemas de telemetría
- Control remoto de procesos industriales
- Redes de datos punto a punto y punto multipunto con protocolo de comunicaciones Modbus RTU.
- Comunicación remota inalámbrica entre software SCADA y PLC's o dispositivos similares.
- Funcionamiento como estación repetidora de modo transparente.

En el sistema Gootem, este equipo se utiliza para que el software del centro de control pueda controlar los diferentes concentradores instalados y obtener la información que estos tienen almacenado, mostrando toda esta información en pantalla. Además, cuando a través del centro de control es necesario controlar y monitorizar otros equipos como PLC's que se encargan de la automatización de pozos, balsas, etc. El uso del radiomódem nos proporciona el canal de comunicación necesario.

Otra funcionalidad muy utilizada, es el uso del radiomódem como repetidor, pues en algunas ocasiones la distancia a cubrir o la orografía del terreno, impide que la señal de radio alcance los dos puntos a comunicar.

La comunicación entre los radiomódems, se realiza vía radio a una frecuencia configurable comprendida entre 440 y 420 MHz, mientras que la comunicación con el PC ó concentrador, se realiza a través de interfaces serie RS232 o RS485, empleando para ello el protocolo estándar Modbus RTU.

EL radiomódem cuenta con alimentación interna a 230VAC, 24 VDC o bien a 12 VDC, manteniendo la información de configuración aunque se produzcan cortes en el suministro eléctrico.

## 2. INSTALACIÓN

### 2.1. Anclaje de la unidad:

El radiomódem debe ser instalado en un lugar cerrado, protegido de la intemperie. Ha sido diseñado para ser montada en un carril DIN de 35 mm. Para ello cuenta en su parte posterior con dos soportes de anclaje a presión. Debe ser montado en posición horizontal, con los conectores de antena y puertos RS232 y RS485 hacia abajo y con los de alimentación en la parte superior.

## 2.2. Conexión de la antena:

Este punto es especialmente importante, pues el funcionamiento de la unidad radiomódem sin antena podría dañarla. Tras conectar la alimentación de la unidad, ésta comienza su funcionamiento normal, transmitiendo y recibiendo información vía radio cuando se envían o reciben datos. Por tanto se debe garantizar que el cable de antena esté conectado SIEMPRE que la unidad esté alimentada.

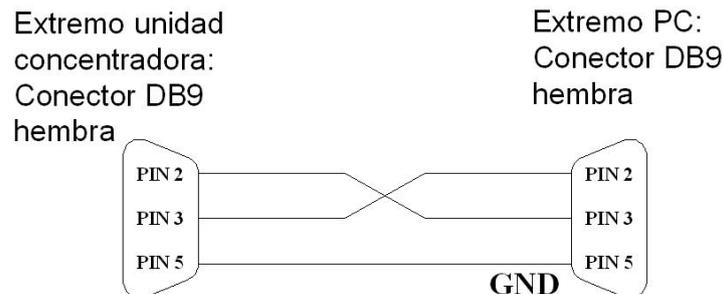
El conector de antena es de tipo TNC (hembra). Se recomienda poner un especial cuidado en que el cable coaxial de la antena no experimente curvaturas bruscas en su instalación dentro de los cuadros eléctricos, ya que de lo contrario se podría reducir el alcance efectivo de las comunicaciones radio.

## 2.3. Conexión de los cables de comunicación serie:

La comunicación de la unidad radiomódem con el PC del centro de control se realiza a través de interfaces serie, con las siguientes posibilidades:

### **3. Comunicación punto a punto mediante interfaz serie RS232:**

La conexión al puerto de comunicaciones RS232 se realiza mediante un cable cruzado (null módem) como el de la figura:



### **4. Comunicación punto-multipunto a través de un bus de comunicaciones RS485:**

Se recomienda esta opción cuando la unidad radiomódem esté instalada en un cuadro eléctrico en el que existan otros dispositivos (como PLC's, por ejemplo) que requieran comunicación con el centro de control.

La conexión a un bus de comunicaciones RS485 se debe realizar conectando el borne nº1 del conector a **A+**, la nº2 a tierra y la nº3 a **B-**.

## 2.4. Alimentación:

La unidad radiomódem admite doble alimentación:

- Alimentación a 12V y 24V de corriente continua (conector **+ - VDC**): Observar la polaridad. El pin nº1 del borne es el positivo (+12V) y el nº2 el negativo (0V).
- Alimentación a 230V de corriente alterna (conector **230VAC**): Conectar la tierra al pin nº1 del borne, e indistintamente la fase y el neutro a los pines 2 y 3.

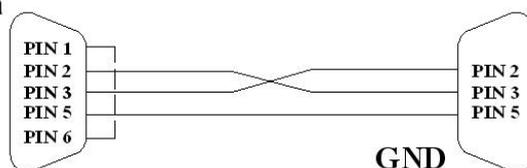
Ambas alimentaciones pueden ser utilizadas simultáneamente. De este modo, en funcionamiento normal la unidad obtendría la alimentación de la red eléctrica de 230VAC, pero cuando hubiera un corte en el suministro eléctrico pasaría a alimentarse automáticamente de la fuente de 12V de corriente continua, que normalmente es una batería de automóvil. No obstante, Innobo recomienda el uso de un cargador/fuente instalado el cuadro para alimentar al radiomódem.

## 3. CONFIGURACIÓN

Para la configuración de la unidad es necesaria la comunicación serie con un PC (o PDA), y esto se lleva a cabo mediante el cable RS-232 descrito anteriormente, pero con los pines 1 y 6 cortocircuitados. Se necesitará también de un programa de comunicación por puerto serie, como por ejemplo el Hyper Terminal de Windows. La comunicación debe estar configurada a la velocidad de 2400 bps, 8 bits de datos y 1 bit de stop, sin paridad y sin control de flujo. Al conectar el cable, el equipo entrará en modo de configuración y estará preparado para responder a los comandos que se le envíen.

Extremo unidad  
concentradora:  
Conector DB9  
hembra

Extremo PC:  
Conector DB9  
hembra



## 3.1. Configuración inicial:

Una vez conectado el cable y establecida la comunicación, el procedimiento de configuración inicial de la unidad radiomódem es el siguiente (para consultar el listado completo de comandos y parámetros de configuración ver el anexo I):

En primer lugar configuraremos los parámetros de radio, estos parámetros son los que permitirán comunicar la unidad concentradora con las unidades remotas:

3. Programaremos el valor del CH, que deberá ser el mismo valor que el programado en el resto de las unidades radiomódem que queramos que se comuniquen entre ellas.

CH=<valor> (rango entre 0-80)

Seguidamente programaremos los parámetros de comunicación serie con el centro de control:

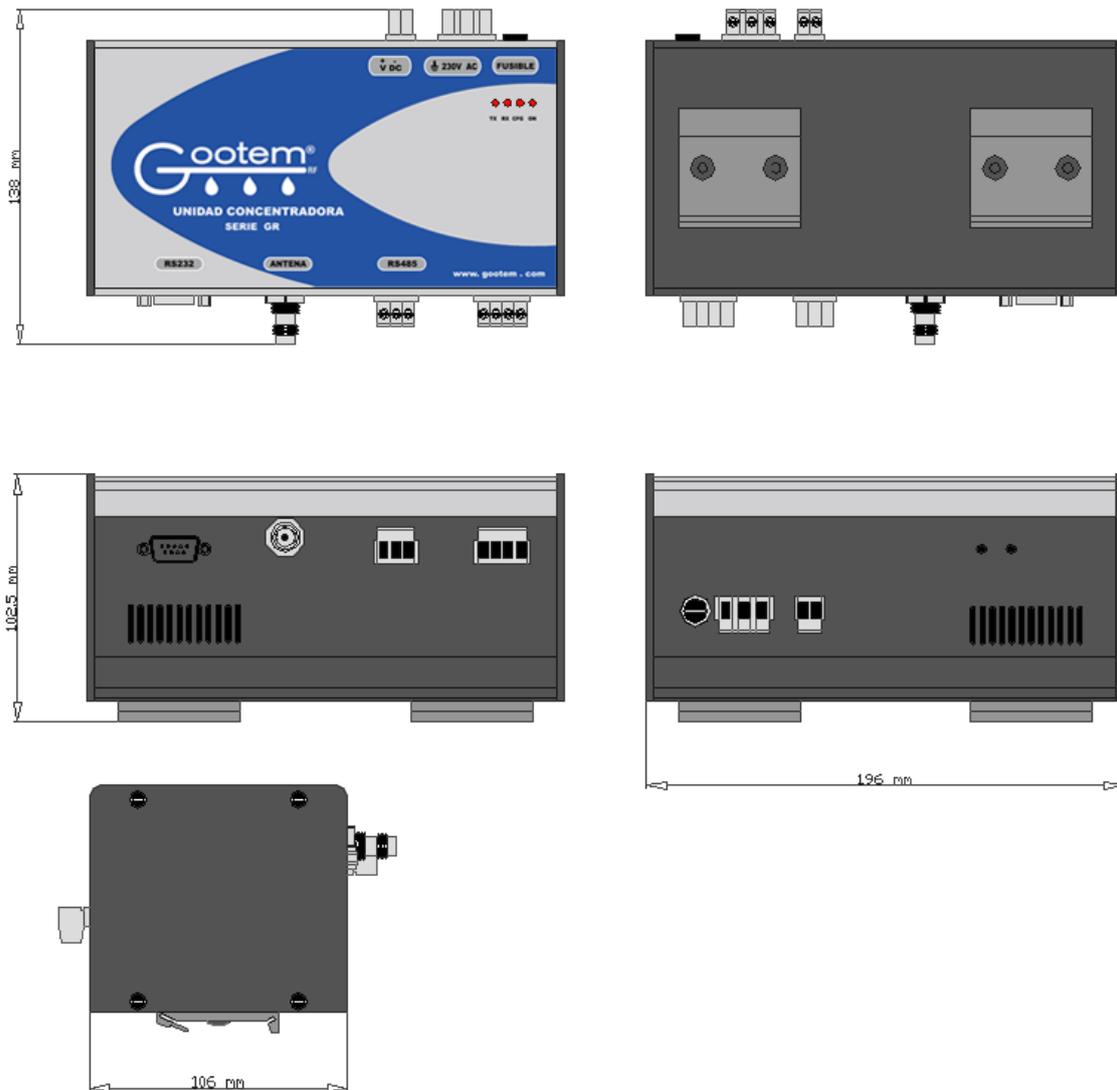
3. Programaremos el número de esclavo en nuestra red Modbus con el parámetro DMBUS.

DMBUS=<valor> (rango entre 0 y 255)

4. Programaremos el puerto de comunicaciones con el centro de control (por defecto 2400bps y 8N1):

Velocidad VPORT=<valor> (rango entre 0 y 6)

## 4. DIMENSIONES



## ANEXO I:

### COMANDOS DE CONFIGURACIÓN

Listado completo de comandos (accesible mediante el comando '?'):

Comandos: (L)-Lectura, (E)-Escritura, [h]-Hexadecimal

.?	(L)	: Ayuda
.V	(L)	: Versión
.SN	(L)	: Numero Serie
.DEF	(E)	: Parámetros por defecto
.DMBUS	(L/E)	: Dirección Mod-Bus unidad
.CH	(L/E)	: Numero Canal Radio
.F	(L)	: Frecuencia Radio
.VPORT	(L/E)	: Velocidad Puertos Serie
.RSSI	(L)	: Nivel RSSI
.RSSA	(L)	: Nivel RSSI Amplificado en u.

Concentradora

Los comandos de la unidad radiomódem son:

**Versión (-V-):**

Sólo de lectura.

La unidad radiomódem nos devolverá la versión del software instalado en su interior.

**Número de Serie (-SN-):**

Sólo de lectura.

La unidad radiomódem nos devolverá el número de serie, el cual debe coincidir con el existente en la pegatina situada en el exterior de la unidad.

**Parámetros de Fábrica (-DEF-):**

Sólo de ejecución.

Este comando devolverá a la unidad radiomódem a la configuración por defecto de fábrica.

### **Dirección Mod-Bus unidad (-DMBUS-):**

Parámetro de lectura y escritura decimal.

Nos permite asignar la dirección de la unidad radiomódem dentro de una red Modbus (protocolo estándar industrial), en la cual pueden existir tantas unidades radiomódem como sea necesario, pero no se podrán repetir las direcciones de los dispositivos dentro de una misma red.

Los valores que podemos introducir son los comprendidos entre 1 y 254, no pudiendo utilizar el valor 0 como dirección de unidad radiomódem.

### **Número de Canal Radio (-CH-):**

Parámetro de lectura y escritura decimal.

Nos permite seleccionar el canal a utilizar en las transmisiones radio.

El canal 0 equivale a la frecuencia base 440.0000 MHz. Tendremos en cuenta que la canalización es de 25 KHz y que la frecuencia máxima son 442.0000 MHz, con esta canalización tendremos disponibles 80 canales.

Ejemplo: Queremos trabajar en una frecuencia de 441.000. Si le restamos la frecuencia base 440.0000 nos da 1.000 y si este resultado lo dividimos por la canalización (0.0250 MHz) tendremos el resultado del canal (ch=40).

### **Frecuencia Radio (-F-):**

Parámetro de lectura decimal.

Nos devolverá la frecuencia de trabajo equivalente al canal de radio seleccionado.

### **Velocidad Puertos Serie (-VPORT-)**

Parámetro de lectura y escritura decimal.

Nos permite configurar la velocidad de comunicación, para los puertos serie (Modbus) conectados con el centro de control.

Este parámetro puede tomar los valores de la siguiente tabla.

VPORT=	Velocidad	VPORT=	Velocidad
0	2400 bps	4	300 bps
1	4800 bps	5	600 bps
2	9600 bps	6	1200 bps
3	19200 bps		

El parámetro viene programado de fábrica a 0 (Velocidad de transmisión serie 2400 bps).

### **Nivel RSSI (-RSSI-):**

Parámetro de lectura decimal.

Nos devuelve una estimación de la calidad del enlace radio con la que la unidad radiomódem recibe a otra unidad radiomódem. Éste no debe tomar un valor inferior a 20, para asegurarnos de que el enlace radio es correcto. Con valores inferiores a 20 las unidades radiomódem funcionan pero no se asegura la correcta comunicación entre los dos dispositivos.

**Nivel RSSI Amplificado (-RSSA-):**

Parámetro de lectura decimal.

Es el mismo parámetro que el RSSIC, pero en el cual se le ha aplicado una amplificación de recepción desde el dispositivo radio. Como la amplificación puede ser variada automáticamente por el equipo radio, este parámetro sólo es informativo.

## ANEXO II:

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Especificaciones Técnicas	
<b>Rango de frecuencias</b>	440 – 442 MHz (con licencia)
<b>Canalización</b>	25 kHz
<b>Velocidad de Comunicación</b>	2,4 ó 4,8 Kbps
<b>Número de canales radio seleccionables</b>	80
<b>Sensibilidad para BER = 10<sup>-3</sup></b>	-115 dBm como mínimo
<b>Potencia de Transmisión</b>	Ajustable de 0,5 a 5W
<b>Modulación</b>	GFSK
<b>Tipo de comunicación</b>	Semi-dúplex
<b>Conector de antena</b>	Hembra tipo TNC
<b>Alimentación</b>	230V AC ó 12V DC
<b>Puertos de comunicaciones</b>	RS232 y RS485
<b>Rango de temperaturas de operación</b>	-20 a +60 °C
<b>Anclaje</b>	Sobre carril DIN de 35 mm
Estándares Cumplidos	
<b>Seguridad Eléctrica</b>	EN 60950-1:2001
<b>Compatibilidad Electromagnética</b>	EN 301 489-05 V1.3.1
<b>Protección Espectro Radioeléctrico</b>	EN 300 113-2 V1.2.1
Dimensiones	

## ANEXO III:

### DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD

**Innobo, S.L.**

CIF: B-12.094.306

Pol. Ind. "La Rosaleda", nave 12  
12540 Villarreal (Castellón) - ESPAÑA

Tel: 964522501 Fax: 964535676

D. José Manuel Bonillo Rebollida, en calidad de Gerente de Innobo, S.L., declara bajo su exclusiva responsabilidad la conformidad del producto:

*Tipo: Unidad Concentradora serie GR*

*Marca: Gootem*

*Modelo: GTMCONXXXX*

*Fabricante INNOBO, S.L.*

*País de fabricación: España*

al que se refiere esta declaración, con las normas:

- Seguridad: **EN 60950-1:2001**
- Compatibilidad electromagnética: **EN 301 489-03 V1.4.1**
- Protección del espectro electromagnético: **EN 300 220-3 V1.1.1**

de acuerdo con las disposiciones de la Directiva 99/05/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 1999, transpuesta a la legislación española mediante el Real Decreto 1890/2000, de 20 de noviembre de 2000.

Villarreal, 15 de Febrero de 2006



D. José Manuel Bonillo  
Gerente de Innobo, S.L.



# **ANEXO II:**

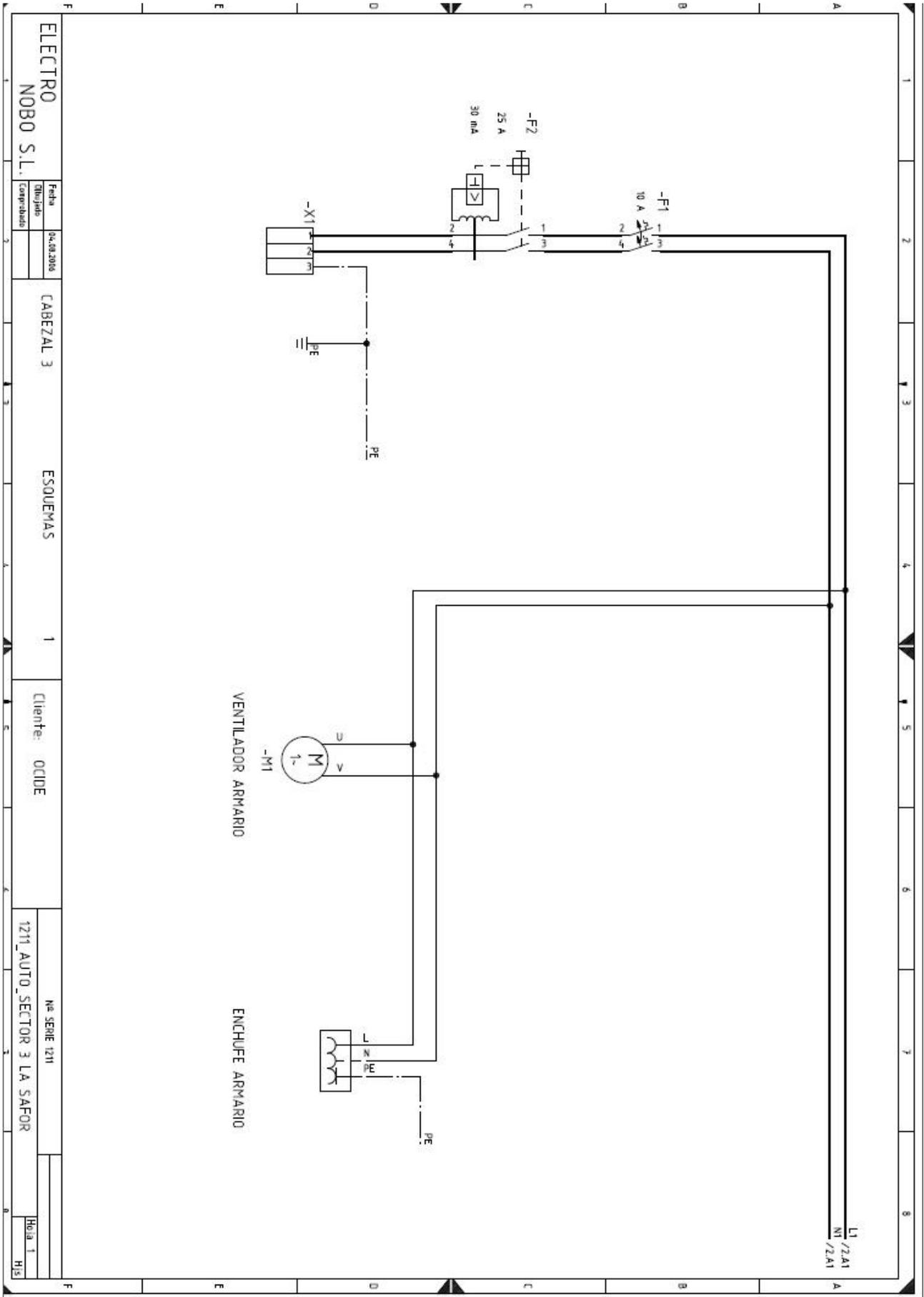
# **ESQUEMAS ELÉCTRICOS**

INSTALACIÓN:	LA SAFOR		
Nº DE SERIE	1211	FECHA	
POTENCIA		INTENSIDAD	
TENSIÓN FUERZA	380 VAC	TENSIÓN MANIOBRA	24 VDC
DESCRIPCIÓN CUADRO	AUTOMATIZACION SECTOR 3 LA SAFOR		

## ELECTRONOBO S.L.

Polígono Industrial La Rosaleda, Nave 12  
 12540 Vila-real ( Castellón )  
 www.electronobo.com  
 Tel. 964 52 25 01 Fax 964 53 56 76

SISTEMA DE AUTOMATIZACION Y TELECONTROL PARA LA MODERNIZACIÓN DEL RIEGO DE LAS ZONAS 3 Y 4 DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DE LA SAFOR



ELECTRO  
NOBO S.L.

Fecha: 04.08.2006  
Dibujado:  
Comprobado:

CABEZAL 3

ESQUEMAS

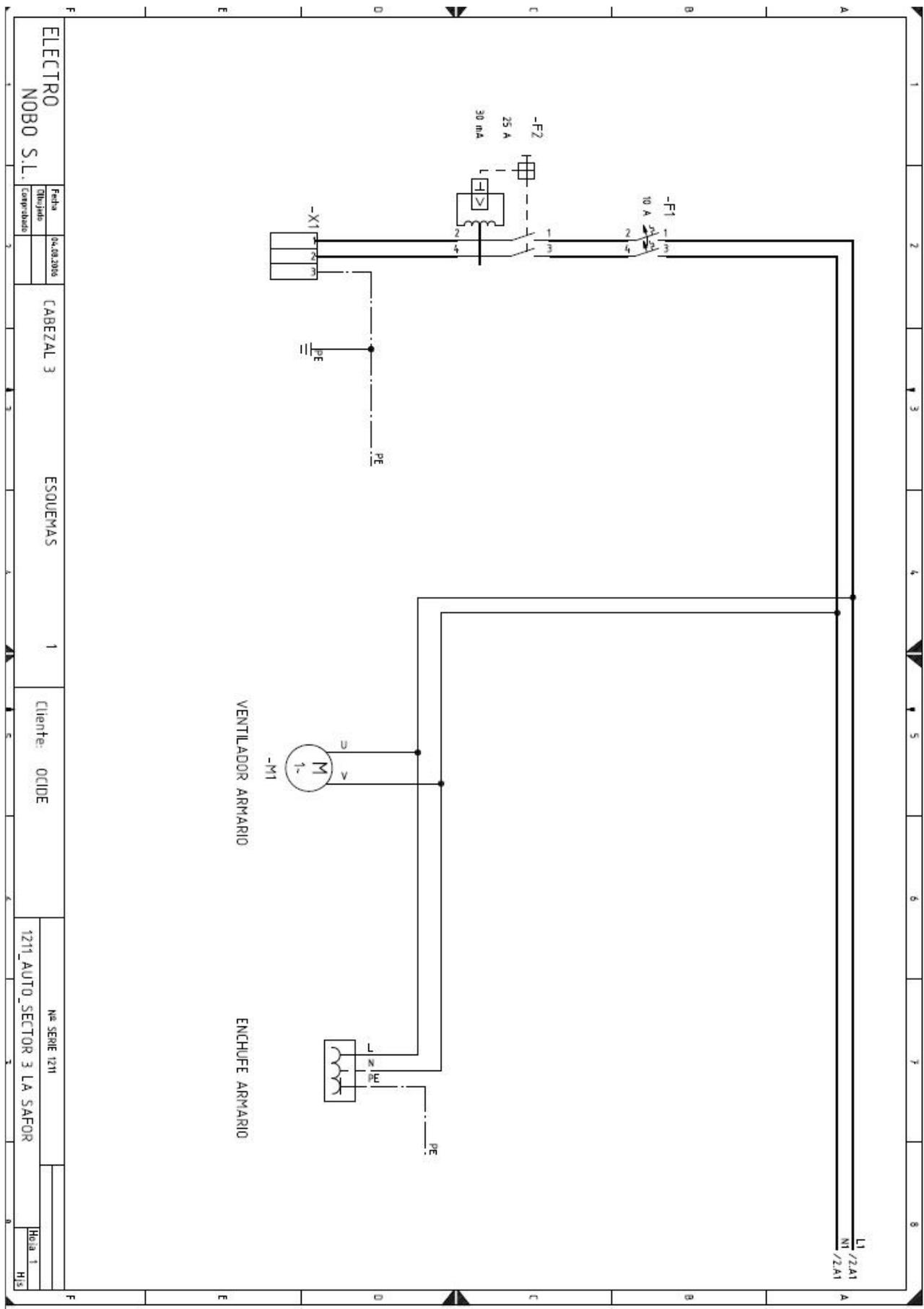
1

Ciente: OCIDE

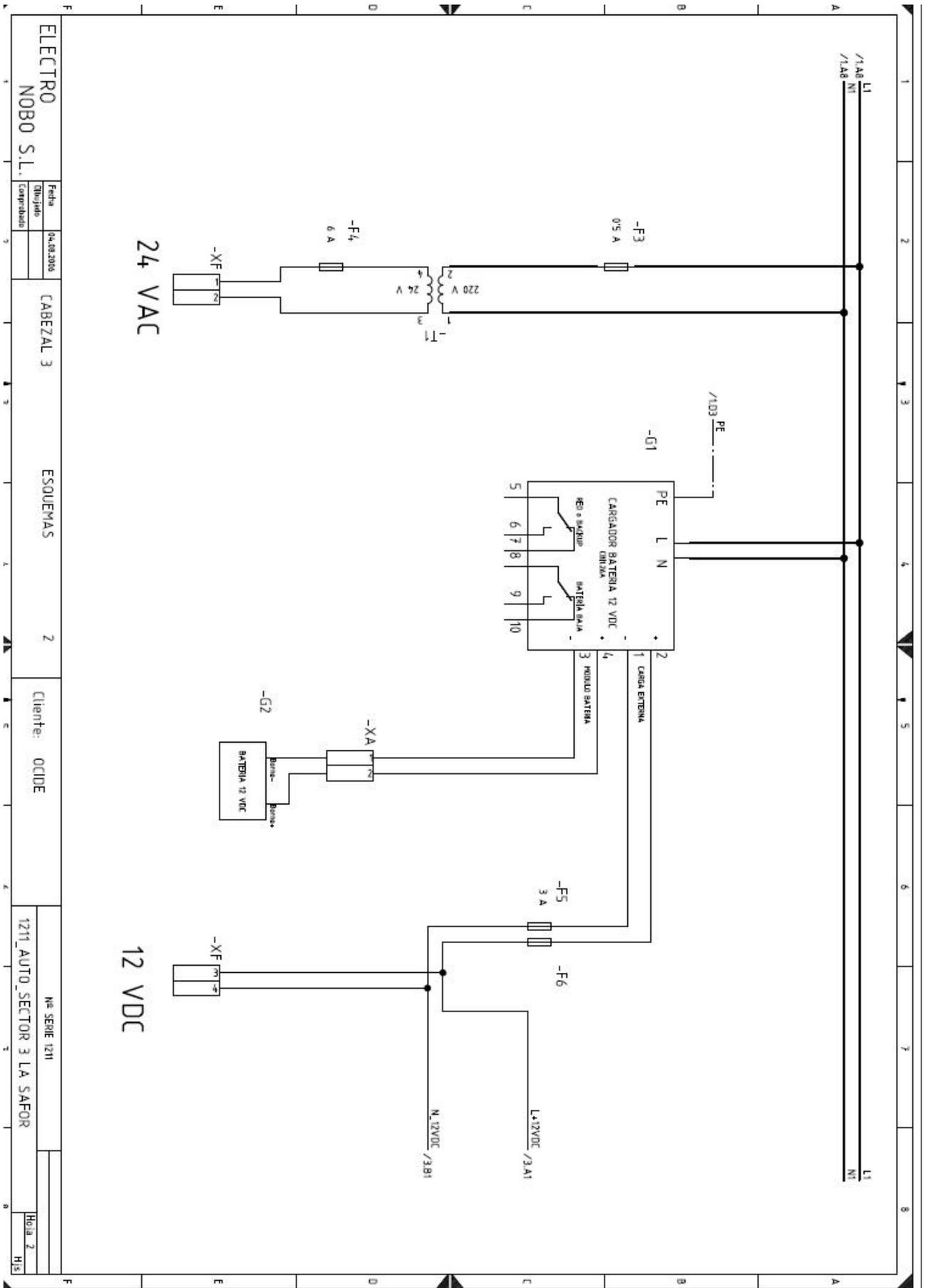
NR. SERIE 1211  
1211\_AUTO\_SECTOR 3 LA SAFOR

Hoja: 1  
H.3

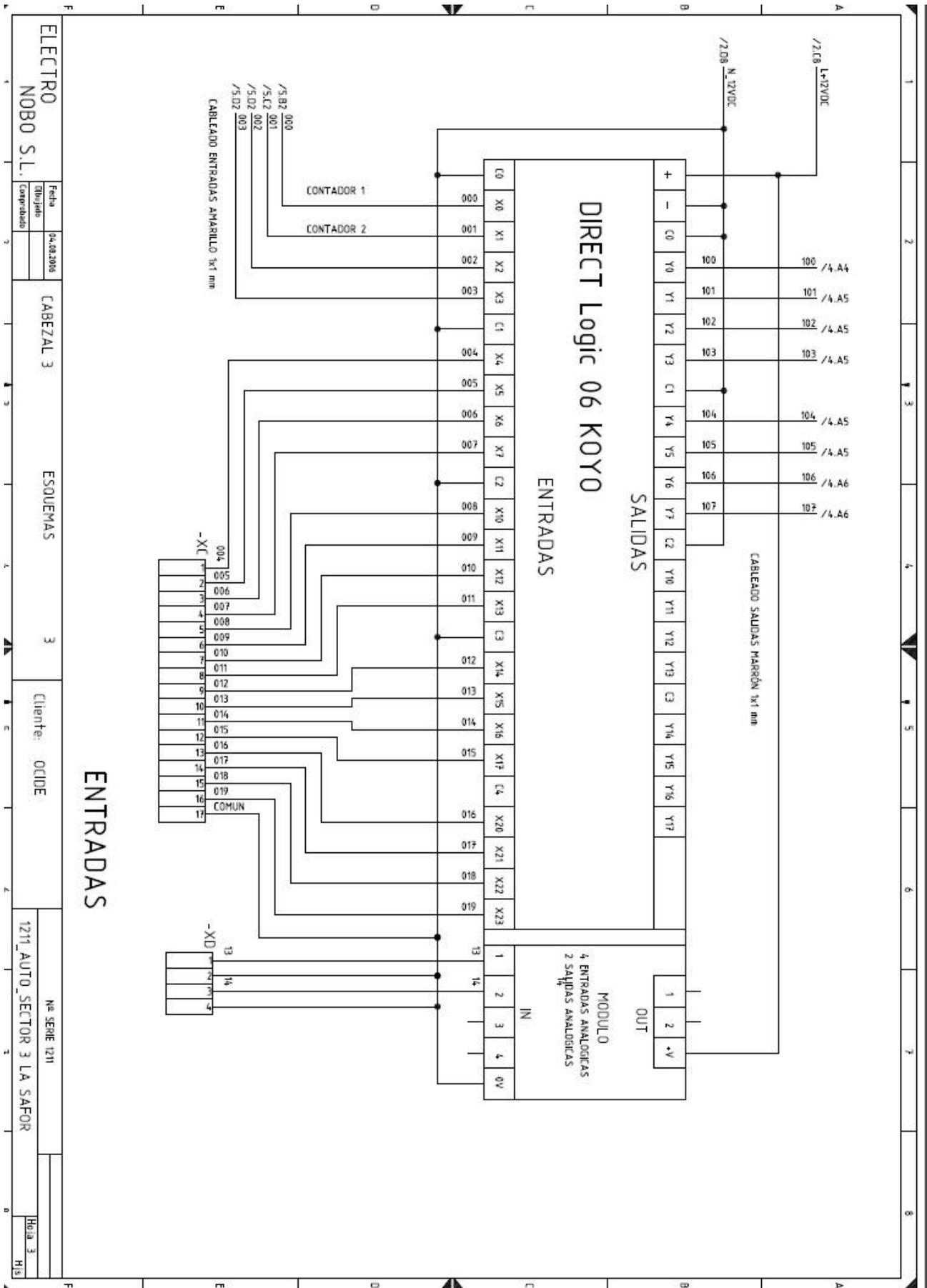
SISTEMA DE AUTOMATIZACION Y TELECONTROL PARA LA MODERNIZACIÓN DEL RIEGO DE LAS ZONAS 3 Y 4 DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DE LA SAFOR

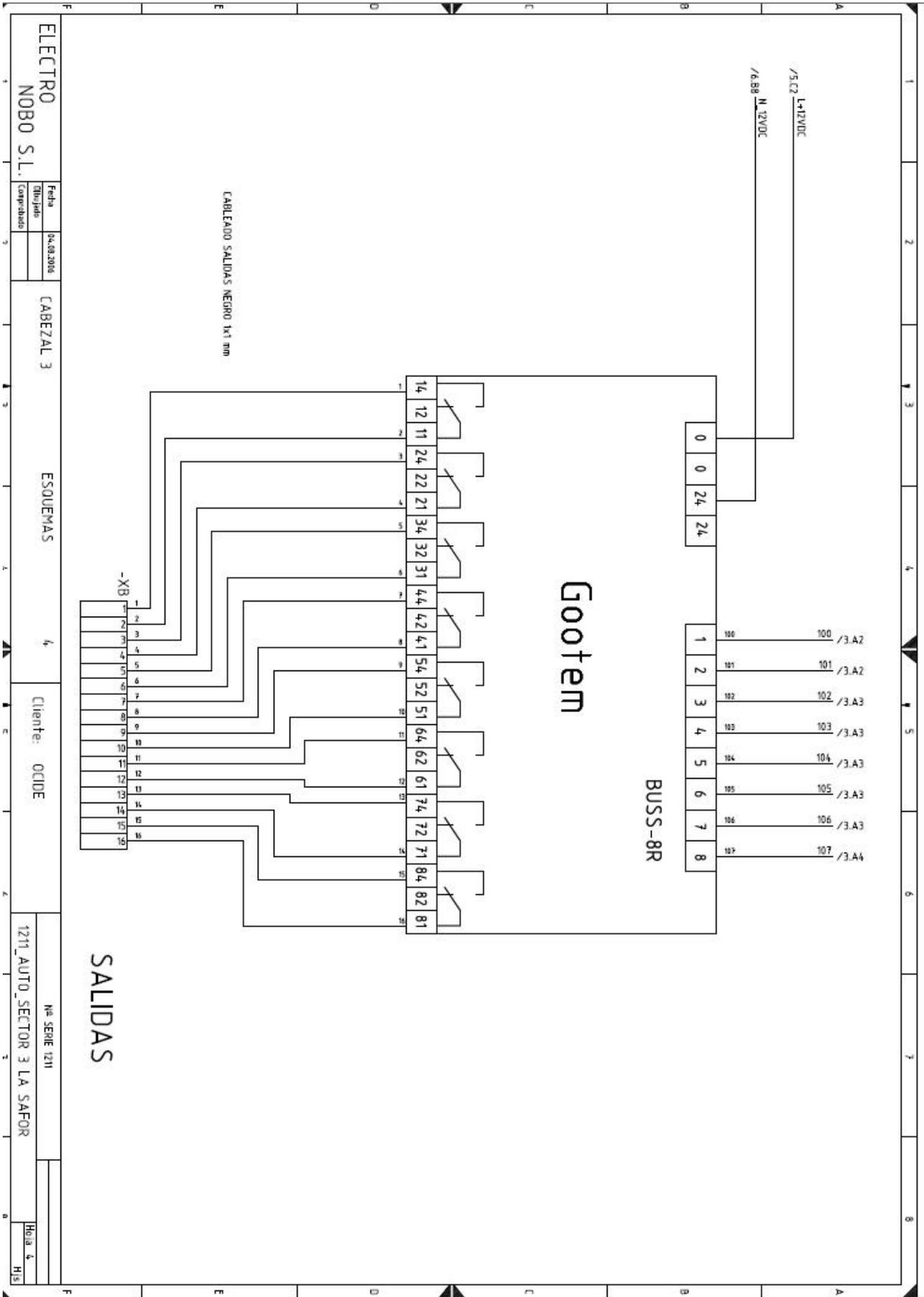


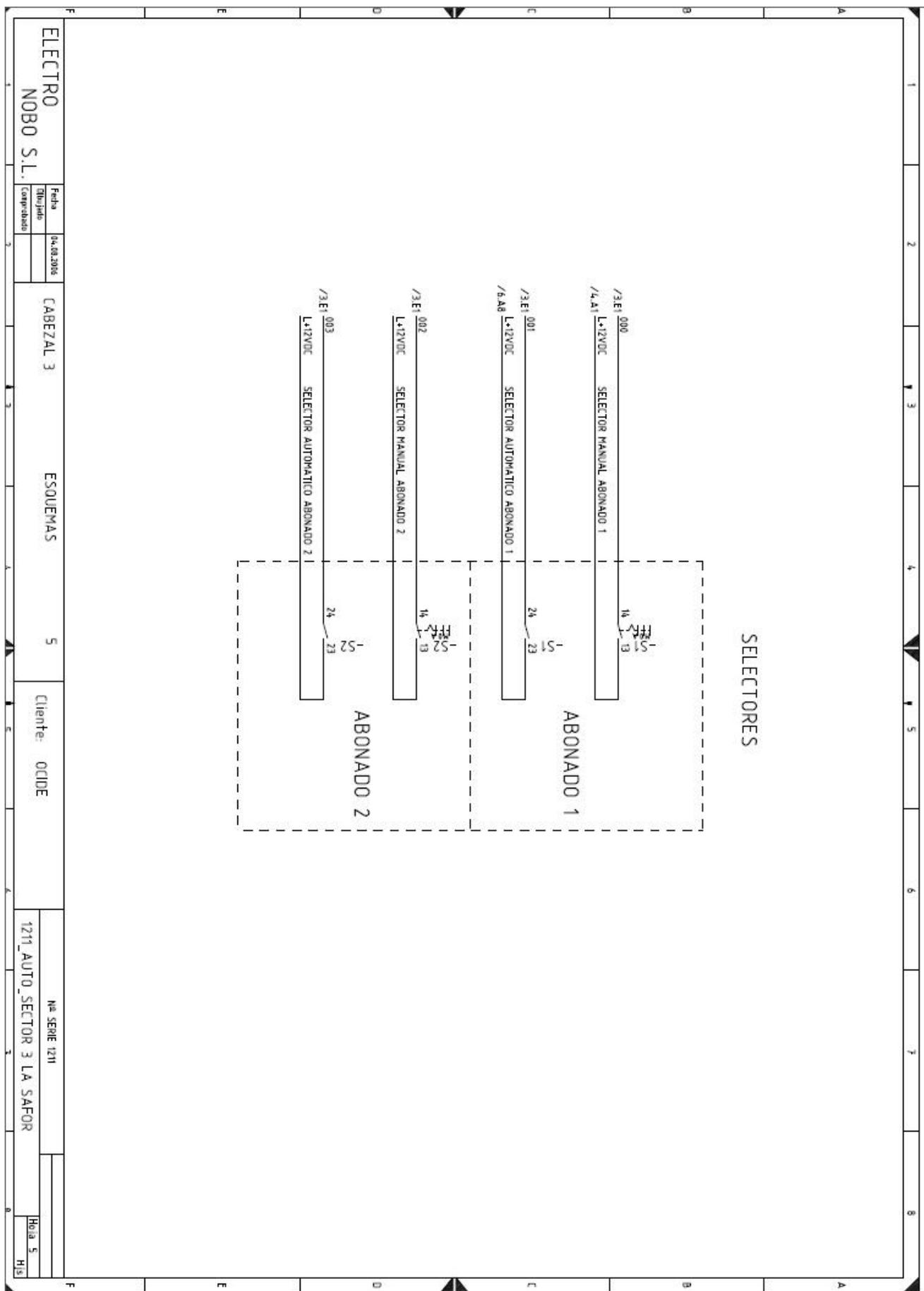
SISTEMA DE AUTOMATIZACION Y TELECONTROL PARA LA MODERNIZACIÓN DEL RIEGO DE LAS ZONAS 3 Y 4 DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DE LA SAFOR



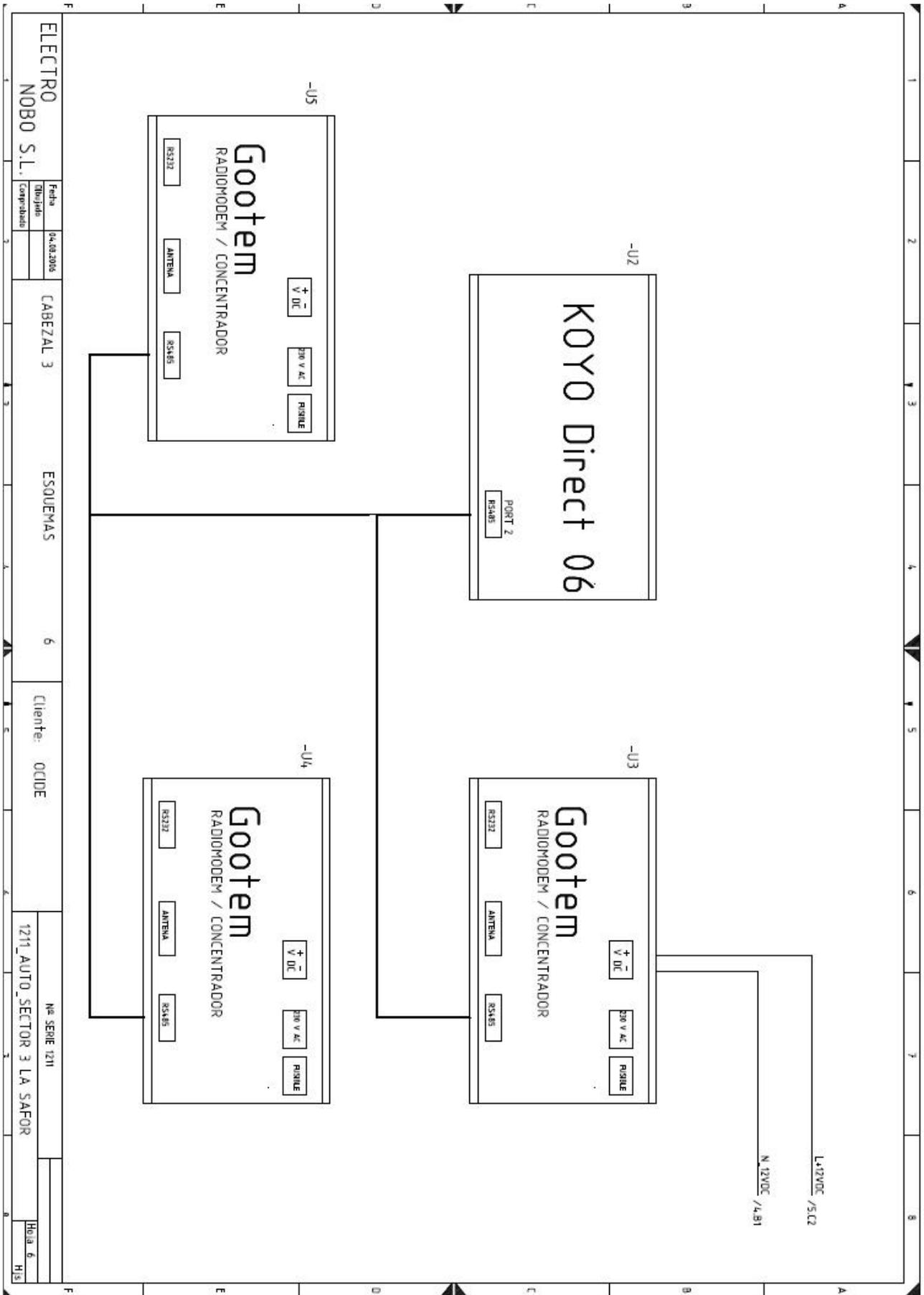
ELECTRO NOBO S.L.	Fecha Dibujado	04.03.2008	CABEZAL 3	ESQUEMAS	2	Cliente: OCIDE	Nº SERIE 1211	1211_AUTO_SECTOR 3 LA SAFOR	Hoja 2
	Comprobado								H15







SISTEMA DE AUTOMATIZACION Y TELECONTROL PARA LA MODERNIZACIÓN DEL RIEGO DE LAS ZONAS 3 Y 4 DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DE LA SAFOR





## 13. Bibliografía Adjunta

### ESPECIFICACIONES TECNICAS DE EQUIPOS DE BOMBEO

- *Manual Arrancador Electrónico Digital POWER ELECTRONICS V5*
- *Manual Técnico de la serie de Variadores ELITE*

### MANUALES KOYO DL06

- *MANUAL DE USUARIO MICRO PLC KOYO DL06 - VOLUMEN 1*
- *MANUAL DE USUARIO MICRO PLC KOYO DL06 – VOLUMEN 2*
- *MANUAL DE USUARIO MODULOS OPCIONALES KOYO DL 05/06*